

Klinik für Reproduktionsmedizin
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. Heiner Bollwein

Arbeit unter wissenschaftlicher Betreuung von

Dr. Johannes Lüttgenau

**Eignung der B-Bild Sonographie zur Beurteilung der Besamungstauglichkeit
beim Rind**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich
vorgelegt von

Harald Mang

Tierarzt

aus Rot an der Rot, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. med. vet. Heiner Bollwein, Referent
Prof. Dr. med. vet. Christine Wrenzycki, Korreferentin

2015

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis	2
II. Zusammenfassung	5
III. Summary	6
IV. Einleitung	7
V. Literaturübersicht	9
1. Besamungsmanagement	9
1.1. Besamungstauglichkeit	9
1.2. Besamungszeitpunkt	10
2. Ovarien	12
2.1. Follikel	12
2.1.1. Follikel - palpatorische Diagnose	12
2.1.2. Follikel - sonographische Diagnose	12
2.1.3. Besamungserfolg in Abhängigkeit von der Follikelkonsistenz	13
2.1.4. Besamungserfolg in Abhängigkeit von der Follikelgrösse	14
2.2. Zystische Ovarfollikel	15
2.2.1. Follikel-Theka-Zysten	15
2.2.2. Follikel-Lutein-Zysten	16
2.3. Corpus luteum	17
2.3.1. Corpus luteum - palpatorische Diagnose	17
2.3.2. Corpus luteum - sonographische Diagnose	18
2.3.3. Progesteronwerte	19
3. Uterus	19
3.1. Uterusinvolution	19
3.2. Intrauterine Flüssigkeit	20

3.3. Tonus und Kontraktilität	21
3.4. Endometrium	22
3.4.1. Echotextur des Endometriums	22
3.4.2. Dicke des Endometriums	22
VI. Material und Methoden	24
1. Versuchstiere	24
2. Versuchsplan	24
3. Bestimmung des Body Condition Score	27
4. Manuelle transrektale Untersuchung	27
5. Sonographische transrektale Untersuchung	27
6. Definition der Besamungstauglichkeit	28
7. Laboruntersuchungen	29
7.1. Messung der Progesteronkonzentration	29
7.2. Histopathologische Untersuchung der Endometriumsbioptate	30
8. Statistische Auswertung	30
VII. Ergebnisse	32
1. Versuchstiere	32
2. Besamungstauglichkeit	32
2.1. Anteil besamungstauglicher Tiere und Gründe für „nicht besamungstauglich“	32
2.2. Einfluss der Endometriumsdicke auf die Besamungstauglichkeit	33
3. Trächtigkeitsrate	34
3.1. Erstbesamungserfolg und Anteil der graviden an allen zur Besamung vorgestellten Kühen	34
3.2. Erstbesamungserfolg in Abhängigkeit von der Endometriumsdicke	36
3.3. Erstbesamungserfolg in Abhängigkeit vom Uteruslumen	36

3.4. Erstbesamungserfolg in Abhängigkeit von der Follikelgrösse	37
4. Lerneffekte im Verlauf der Studie	38
4.1. Besamungstauglichkeit	38
4.2. Erstbesamungserfolg	40
VIII. Diskussion	41
IX. Literaturverzeichnis	48
X. Danksagungen	61
XI. Curriculum Vitae	62
XII. Anhang	63
1. Untersuchungsformular	63
2. Befunderhebung am bovinen Uterus mittels manueller transrektaler Palpation	64

II. Zusammenfassung

Eignung der B-Bild Sonographie zur Beurteilung der Besamungstauglichkeit beim Rind

Die Beurteilung der Besamungstauglichkeit erfolgt bis heute fast ausschliesslich mittels transrektaler manueller Palpation. Um zu überprüfen, ob die Besamungstauglichkeit sonographisch verlässlicher eingeschätzt werden kann, wurden 600 laktierende, zur Erstbesamung (EB) vorgestellte Kühe alternierend in zwei Gruppen mit manueller (Gruppe M; n=301) bzw. manueller und sonographischer (Gruppe S; n=299) Untersuchung der Ovarien und des Uterus eingeteilt. In den Gruppen M und S wurden Kühe, die einen weichen, grossen Follikel (Diameter 12-22.5 mm) ohne Corpus luteum (CL; >10 mm) und einen kontraktile Uterus ohne palpierbaren bzw. echogenen Inhalt aufwiesen, als besamungstauglich eingestuft. Die Trächtigkeitsdiagnose erfolgte 28-35 Tage nach der EB. In Gruppe S wurde ein um 10.9% niedrigerer ($p<0.05$) Anteil an Kühen als besamungstauglich eingestuft als in Gruppe M. Die Beurteilung „besamungsuntauglich“ erfolgte in Gruppe S zu 29.6% aufgrund eines CL >10 mm zusätzlich zu einem Follikel und damit häufiger ($p<0.05$) als in Gruppe M (4.5%). Der Erstbesamungserfolg war in Gruppe S tendenziell höher ($p=0.10$) als in Gruppe M (62.7 vs. 54.9%). Der Anteil nicht gravider an den zur EB vorgestellten Kühen war hingegen in Gruppe M höher ($p<0.05$) als in Gruppe S (35.2 vs. 25.1%). Die Ergebnisse zeigen, dass eine sonographische Voruntersuchung einen vermehrten Ausschluss pro- und diöstrischer Kühe von der Besamung ermöglicht und damit die Anzahl nicht erfolgreicher Besamungen reduziert.

Stichworte: B-Bild Sonographie, Besamungstauglichkeit, Follikel, Corpus luteum, Rind

III. Summary

Assessment of the suitability for AI by the use of B-mode ultrasonography

Inadequate examination of the suitability for AI, which is still diagnosed in most cases exclusively by manual transrectal palpation, is a common problem in dairy cows. To investigate if the suitability for AI can be assessed more reliably by additional use of ultrasonography, 600 lactating dairy cows that were presented to first AI were alternately allocated in two groups with manual (group M; n=301) or manual and sonographic (group S; n=299) examinations of the ovaries and the uterus. Cows with a big (diameter 12 to 22.5 mm) soft follicle without a corpus luteum (CL; >10 mm) and a contractile uterus without palpable content (group M) or echogenic particles (group S) were defined as suitable for AI. Pregnancy diagnosis was performed between 28 and 35 d after AI. In group M, 10.9% more cows ($P<0.05$) were judged suitable for AI than in group S. The main reason for exclusion of cows from AI in group S was the presence of a CL >10 mm in addition to a follicle, which was more often diagnosed ($P<0.05$) than in group M (29.6 vs 4.5%). The pregnancy rate of inseminated cows tended to be higher ($P=0.10$) in group S than in group M (62.7 vs 54.9%). The percentage of cows that were presented to AI and did not get pregnant was higher ($P<0.05$) in cows of group M than of group S (35.2 vs 25.1%). Results indicate that sonographic examinations before AI increase the number of pre- and diestrous cows that are additionally excluded, and therefore reduce the number of unsuccessful inseminations.

Keywords: B-mode ultrasonography, suitability for AI, follicle, corpus luteum, cattle

IV. Einleitung

Schon seit längerer Zeit wird über einen stetig sinkenden Besamungserfolg bei Milchkühen berichtet. So hat sich der Erstbesamungserfolg in den USA von 66% im Jahr 1951 auf 40 – 50% in den 1970er und 1980er Jahren reduziert (Butler & Smith 1989). In Belgien ist der Erstbesamungserfolg innerhalb der letzten 20 Jahre von 56% auf 40% gesunken (De Kruif 2013) und auch für England wurde im Jahr 2000 von einem Abfall des Erstbesamungserfolgs auf unter 40% berichtet (Royal *et al.* 2000). In Deutschland liegt die Trächtigkeitsrate nach Erstbesamung, welche 1950 noch ca. 70% betrug, mittlerweile bei etwa 40% (Becker 2012). Der Hauptgrund für die anhaltende Reduktion der Fertilität beim Milchrind liegt in einer Zunahme der embryonalen Mortalität (Diskin & Morris 2008). Es gibt zwar keine Hinweise darauf, dass der Anteil der Besamungen zum falschen Zeitpunkt des Zyklus in den letzten Jahren zugenommen hat, eine unzureichende Überprüfung der Besamungstauglichkeit stellt allerdings ein verbreitetes Problem in den heutigen Milchviehherden dar. Eine genaue Voruntersuchung der zu besamenden Tiere könnte demnach einen positiven Effekt auf die erzielten Trächtigkeitsraten bewirken, da 19% der Besamungen trotz eines Plasma-Progesteron(P₄)-Spiegels durchgeführt werden, der auf ein funktionelles Corpus luteum (CL) hinweist (Sturman *et al.* 2000).

Durch eine transrektale Palpation des Uterus und der Ovarien zum Besamungszeitpunkt kann die Reproduktionsleistung einer Herde gesteigert werden, da 3.8% der zur Besamung vorgestellten Tiere als nicht brünstig erkannt werden (Lopez-Gatius & Camon-Urgel 1991) und der palpatorisch erfassbare Status des peri-ovulatorischen Follikels den Besamungserfolg massgeblich mitbestimmt (Lopez-Gatius 2011). Somit stellt die transrektale Palpation einen effektiven Zusatz zur visuellen Brunstkontrolle dar, wobei die individuellen Unterschiede von Grösse und Konsistenz der ovariellen Strukturen und die meist nur einmalig durchgeführte Untersuchung eine exakte Bestimmung des Zyklusstandes erschweren. Hilfreiche Ergänzungen zur transrektalen Palpation können dabei Informationen zur Reproduktionsgeschichte des Tieres, etwaige Progesteronprofile oder Beobachtungen bezüglich des Brunstverhaltens sein.

Es stellt sich die Frage, ob auch die B-Bild Sonographie, die mittlerweile seit über 30 Jahren im Bereich der Reproduktionsmedizin des Rindes eingesetzt wird, ein adä-

quates Hilfsmittel darstellt, um die Besamungstauglichkeit besser einschätzen zu können. Mit Hilfe dieser Technik wurden im Rahmen von wissenschaftlichen Studien bereits wertvolle Erkenntnisse über die Follikelentwicklung während des Zyklus des Rindes gewonnen. Erst dieses Wissen hat den Einsatz verschiedener Hormonprogramme zur Zyklussteuerung beim Rind ermöglicht. Obwohl die Sonographie seit einigen Jahren mehr und mehr Verwendung in der Praxis findet, beschränkt sich ihr Einsatz bislang weitestgehend auf Untersuchungen während der Frühgravidität. Es gibt aber neuere wissenschaftliche Untersuchungen, die darauf hinweisen, dass mittels sonographischer Untersuchungen während der Brunst die Fertilität der Kühe genauer beurteilt werden kann. So konnte beispielsweise zwischen der Endometriumsdicke während der Brunst und dem Besamungserfolg ein positiver Zusammenhang festgestellt werden (Souza *et al.* 2011).

In der vorliegenden Studie soll nun überprüft werden, ob mittels einer sonographischen Untersuchung des Uterus und der Ovarien während der vorherberichteten Brunst die Besamungstauglichkeit zuverlässiger beurteilt werden kann als allein mittels manueller transrektaler Palpation.

V. Literaturübersicht

1. Besamungsmanagement

1.1. Besamungstauglichkeit

Um nicht erfolgversprechende Besamungen zu vermeiden, erfolgt vor einer Insemination normalerweise eine Überprüfung der Besamungstauglichkeit. Dies ist ein sehr wichtiger Schritt, da 19% der Besamungen trotz eines Plasma-P₄-Spiegels durchgeführt werden, der auf ein funktionelles CL hinweist (Sturman *et al.* 2000). Ausserdem zeigen auch gravide Tiere bisweilen Brunstsymptome, die bis hin zur Duldung des Aufsprungs reichen können (Thomas & Dobson 1989, Dijkhuizen & van Eerdenburg 1997). Eine gründliche Voruntersuchung hilft in diesem Fall ungewollte Trächtigkeitsabbrüche zu verhindern, da eine Insemination bei graviden Tieren zum Tod des Embryos bzw. zum Abort führen kann (Vandemark *et al.* 1952, Sturman *et al.* 2000). Berechnungen von Senger (1994) haben ergeben, dass eine mangelhafte Brunsterkennung und ein fehlerhaftes Besamungsmanagement die US-amerikanische Milchindustrie jährlich mehr als 300 Mio. US\$ kosten. Die Ergebnisse von Lopez-Gatius and Camon-Urgel (1991) zeigen ausserdem, dass die Reproduktionsleistung einer Herde durch eine transrektale Palpation des Uterus und der Ovarien zum Besamungszeitpunkt gesteigert werden kann, da 3.8% der zur Besamung vorgestellten Tiere als nicht brünstig erkannt wurden. Eine neuere Studie belegt sogar, dass mittels Adspektion des äusseren Genitale und transrektaler Palpation von Uterus und Ovarien 19.1% der zur Besamung vorgestellten Tiere als nicht besamungstauglich erkannt werden (Lambertz *et al.* 2014). Erfolgt zusätzlich noch eine Beurteilung der vaginalen Flüssigkeit, erhöht sich dieser Anteil auf 26.6%. Neben der visuellen Brunstkontrolle liefert die transrektale Palpation somit offensichtlich entscheidende Zusatzinformationen, obwohl gerade bei einmaliger Untersuchung die individuellen Unterschiede in der Grösse und Konsistenz der ovariellen Strukturen eine exakte Bestimmung des Zyklusstandes erschweren. Hilfreiche Ergänzungen zur transrektalen Palpation bieten die Reproduktionsgeschichte des Tieres, etwaige Progesteronprofile oder Beobachtungen des Brunstverhaltens. Des Weiteren kann die Genauigkeit der Diagnose durch wiederholte transrektale Untersuchungen und durch

die Verwendung von Hilfsmitteln, wie beispielsweise der Sonographie, verbessert werden. Dabei haben selbst wiederholte sonographische Untersuchungen des inneren Genitale weder einen Einfluss auf das Brunstverhalten der Tiere noch auf das Hormonprofil oder den Zeitpunkt der Ovulation (Roelofs *et al.* 2004). Auch das direkte Auslösen einer Ovulation durch die transrektale Palpation der Ovarien ist sehr selten und findet nur bei ungeübten Untersuchern statt (Lopez-Gatius 2011).

1.2. Besamungszeitpunkt

Für die Erkennung der Brunst und die Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes sind erst einmal die sichtbaren Verhaltensänderungen ausschlaggebend. Dabei ist die Duldung des Aufsprunges das sicherste Anzeichen, wenngleich dies nur bei 60% der Tiere beobachtet werden kann (Roelofs *et al.* 2005, Cutullic *et al.* 2009) und, wie bereits erwähnt, auch gravide Tiere teilweise einen Aufsprung dulden (Thomas & Dobson 1989, Dijkhuizen & van Eerdenburg 1997). Weitere Verhaltensänderungen sind Rastlosigkeit, das Beschnupern der Vulva anderer Tiere, Flehmen, das Auflegen des Kinns auf den Rücken eines anderen Tieres sowie eigene Aufsprungversuche (Van Eerdenburg *et al.* 1996). Zusätzlich können teilweise noch Lecken, Reiben und aggressives Verhalten wie Kopfstöße beobachtet werden (Kerbrat & Disenhaus 2004). Hinsichtlich einer Objektivierung der Rastlosigkeit stehen mit den Pedometern technische Hilfsmittel für eine Aktivitätsmessung zur Verfügung (Kiddy 1977), wobei die Bewegungsaktivität der Tiere stark von der Art der Aufstallung abhängig ist (Nebel *et al.* 2000). Auch ein Abfall der Milchleistung, der bei einem Teil der Tiere zum Zeitpunkt der Brunst zu beobachten ist (Schofield *et al.* 1991), kann beim maschinellen Milchentzug erfasst werden. Für die Erkennung der anderen Verhaltensauffälligkeiten ist neben der adäquaten Äusserung durch das Tier natürlich die Erkennung durch den Landwirt ausschlaggebend. Dabei ist die Brunsterkennungsrate von der Zeitdauer und vom Zeitpunkt der Beobachtungen abhängig (Becker *et al.* 2005). Zudem spielt es eine Rolle, welche Merkmale bzw. Verhaltensauffälligkeiten von einem Tier gefordert werden, damit es als brünstig eingestuft wird (Van Eerdenburg *et al.* 1996, Roelofs *et al.* 2005).

Neben diesen sichtbaren Verhaltensänderungen sind für die Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes auch die Beschaffenheit und der funktionelle Zustand

des inneren Genitale mit einzubeziehen. Nach Roelofs *et al.* (2010) ist eine Kuh für die Besamung bereit, wenn auf den Ovarien kein Gelbkörper palpierbar bzw. ein maximaler Gelbkörperdurchmesser <10 mm sonographisch darstellbar ist und gleichzeitig der grösste Follikel neben einem weichen Palpationsbefund einen Durchmesser von 12-25 mm aufweist. Der Uterus sollte stark tonisiert sein und sich bei Berührung kontrahieren. Der Vaginalausfluss sollte reichlich, dünnflüssig, fadenziehend und glasklar sein (Roelofs *et al.* 2010). Gerade das Vorliegen eines erhöhten Uterustonus zum Zeitpunkt der Insemination scheint ein wichtiger Indikator für eine erfolgreiche, d.h. in eine Trächtigkeit resultierende Besamung zu sein (Loeffler *et al.* 1999).

In Bezug auf die bevorstehende Ovulation wird der optimale Besamungszeitraum für eine hohe Befruchtungsrate mit 36 – 12 h (Roelofs *et al.* 2006) bzw. 16 – 0 h (Hockey *et al.* 2010) *ante ovulationem* (a.ov.) angegeben. Wird jedoch zusätzlich berücksichtigt, in welchem Zeitraum eine Besamung stattfinden muss, damit sich eine befruchtete Eizelle mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem qualitativ hochwertigen Embryo entwickelt, so wird der optimale Zeitraum mit 24 – 12 h a.ov. etwas kürzer eingeschätzt (Roelofs *et al.* 2006). Erfolgt die Brunsterkennung mit Hilfe der Pedometrie, so reichen die Angaben zum optimalen Besamungszeitpunkt von 6 – 17 h (Maatje *et al.* 1997) bis hin zu 24 – 40 h (Hockey *et al.* 2010) nach Einsetzen der Aktivitätssteigerung.

Die enge Koppelung des optimalen Besamungszeitpunktes an die Ovulation ist in der begrenzten Lebensdauer von Eizelle und Spermien begründet. Eizellen von Rindern weisen nach der Ovulation eine Lebensdauer von 12 – 18 h auf (Dauzier & Wintenberger 1952, Killeen & Moore 1970), wobei neuere Untersuchungen einen jahreszeitlichen Unterschied belegen, da Hitzestress die präovulatorische Alterung der Eizelle steigert und sie somit postovulatorisch weniger lang befruchtungsfähig bleibt (Edwards *et al.* 2005, Lopez-Gatius 2011). Spermien weisen dagegen eine längere Lebensdauer auf, welche im Zervikalsekret 24 – 30 h und im Uterussekret 10 – 15 h beträgt (Grunert 1999). Allein der Vorgang der Kapazitation, bei dem die Spermien ihre Befruchtungsfähigkeit erlangen, dauert dabei 8 h (Hunter & Wilmut 1983).

Es gibt Bestrebungen die Befruchtungsfähigkeit von Tiefgefriersperma zu verlängern, indem man nach der künstlichen Besamung über eine längere Zeitspanne hinweg für befruchtungsfähige Spermien sorgt und dadurch eine grössere Unabhängigkeit vom

Ovulationszeitpunkt erreicht. Bei neu entwickelten Produkten resultiert die verlängerte Befruchtungsfähigkeit beispielsweise aus der kontinuierlichen Freisetzung der Spermien aus einer Alginat-Matrix, wobei der Beweis für einen gesteigerten Besamungserfolg bisher noch nicht erbracht werden konnte (Witschi 2015).

2. Ovarien

2.1. Follikel

2.1.1. Follikel – palpatorische Diagnose

Die Ovarien des Rindes können während sämtlicher Phasen des Sexualzyklus palpierbare flüssigkeitsgefüllte Funktionsgebilde aufweisen. Sind diese dünnwandig und fluktuierend mit einem Durchmesser von 12 – 25 mm und zeigt der Uterus zudem eine starke Kontraktilität, so gelten sie als Brunstfollikel (Roelofs *et al.* 2010). Diese Follikel sind in der Regel gut palpierbar und zeigen eine deutliche Fluktuation. Bei tiefer im Ovarstroma liegenden Brunstfollikeln ist es möglich, dass nur ein kleiner Teil der Follikelwand zur Ovaroberfläche wird und dann als uhrglasartige Vorwölbung ohne Fluktuation spürbar ist. Sowohl deutlich von der Ovaroberfläche abgesetzte als auch in der Tiefe des Ovarstromas liegende Follikel kommen inner- und ausserhalb der Brunst vor. Grösse, Palpierbarkeit und Fluktuation eines Follikels erlauben somit nicht immer eine Differenzierung zwischen Östrus und Diöstrus (Grunert 1990).

Gerade die Diagnose von Follikeln mit einem Durchmesser von 5 - 10 mm ist mittels transrektaler Palpation schwierig, so dass in verschiedenen Studien nur 22 bzw. 28% dieser Follikel palpatorisch erkannt wurden (Pieterse *et al.* 1990, Ribadu *et al.* 1994). Bei der Diagnose von Follikeln mit einem Durchmesser >10 mm lag die Erkennungsrate immerhin bei 72% (Pieterse *et al.* 1990). Als Referenzwert diene bei diesen Studien die anatomische Ovardiagnostik nach dem Schlachten der Tiere.

2.1.2. Follikel – sonographische Diagnose

Bei der sonographischen Darstellung von Follikeln erscheinen diese als anechogene Strukturen, die von einer dünnen feinen Wand umgeben sind und gewöhnlich einen Durchmesser <25 mm haben (Pierson & Ginther 1984, Edmondson *et al.* 1986, Kähn

& Leidl 1989, Pieterse 1989). Da sonographisch meist nur die flüssigkeitsgefüllte Follikelhöhle gemessen wird, muss der eigentliche Follikeldurchmesser 2 – 3 mm grösser angesehen werden (Quirk *et al.* 1986).

Laut Pierson and Ginther (1984) sowie Edmondson *et al.* (1986) ist es mittels einer 3.5 bzw. 5 MHz Sonde möglich, Follikel mit einem Durchmesser von ≥ 6 bzw. 2 mm zu diagnostizieren. Die Genauigkeit der Diagnose kann durch Verwenden einer 7.5 MHz Sonde verbessert werden (Sirois & Fortune 1988). Follikel, deren Durchmesser <5 mm beträgt, können jedoch leicht mit dem Querschnitt von ovariellen Blut- oder Lymphgefässen verwechselt werden (Pieterse 1989). Die Anwesenheit mehrerer Follikel oder eines Gelbkörpers kann zur Kompression der Follikel führen und so deren normalerweise kreisförmiges Aussehen unregelmässig erscheinen lassen (Pierson & Ginther 1988).

Bei der Diagnose von Follikeln mit einem Durchmesser von 5 – 10 mm liegt die Erkennungsrate mittels Sonographie bei 34% (5 MHz; Pieterse *et al.* 1990) und ist somit höher als die bereits genannte Erkennungsrate bei transrektaler Palpation (22 – 28%). Dagegen wurden Follikel mit einem Durchmesser >10 mm mittels Sonographie in 76% (7.5 MHz; Ribadu *et al.* 1994) bzw. 89% (5 MHz; Pieterse *et al.* 1990) der Fälle richtig erkannt, wobei auch hier die Erkennungsrate höher war als bei oben genannter transrektaler Palpation (72%). Als Referenzwert wurde hier ebenfalls die anatomische Ovardiagnostik nach dem Schlachten der Tiere genutzt.

Unter Berücksichtigung mehrerer Studien (Kähn & Leidl 1986, Pieterse *et al.* 1990, Ribadu *et al.* 1994) lässt sich somit folgern, dass für die Diagnose von Follikeln verschiedener Grösse mit der Sonographie bessere Ergebnisse erzielt werden als mit der transrektalen Palpation.

2.1.3. Besamungserfolg in Abhängigkeit von der Follikelkonsistenz

Im Proöstrus und Östrus ist ein Follikel als Struktur mit glatter Oberfläche zu palpieren, die sich kugelförmig in einem variablen Ausmass von der Ovaroberfläche abhebt. Je näher der Zeitpunkt der Ovulation rückt, desto mehr wandelt sich die Konsistenz des Follikels von prall zu fluktuierend (Hanzen *et al.* 2000). Da der Abstand zwischen Insemination und Ovulation für den Besamungserfolg entscheidend ist

(siehe 1.2.), lässt sich von der Follikelkonsistenz auf den optimalen Besamungszeitpunkt schliessen.

Bei Tieren, welche zum Zeitpunkt der Insemination einen weichen und fluktuierenden Follikel aufweisen, werden im Vergleich zu Tieren mit festen oder bereits ovulierten Follikeln, 7.2% bzw. 16.7% höhere Trächtigkeitsraten erzielt (Lopez-Gatius 2011). Der Faktor „Konsistenz des Follikels zum Zeitpunkt der Besamung“ hat dabei einen stärkeren Einfluss auf das Besamungsergebnis als die Faktoren „Parität“, „Laktationstag“ und „Bulle“ (Lopez-Gatius 2011).

2.1.4. Besamungserfolg in Abhängigkeit von der Follikelgrösse

Die Wachstumsgeschwindigkeit von dominanten Follikeln beträgt ungefähr 2 mm pro Tag (Mihm *et al.* 2002), wobei die meisten Follikel ihren maximalen Durchmesser von 13 – 19 mm bereits 36 h vor der Ovulation erreichen und ab diesem Zeitpunkt kein weiteres Grössenwachstum zeigen (Kähn 1992).

Die Follikelgrösse ist zwar mittels Sonographie einfach und exakt zu bestimmen, jedoch ist aufgrund der Spannweite in der Grösse des sprungreifen Follikels eine zeitliche Vorhersage bezüglich der Ovulation kaum möglich. Zudem war in verschiedenen Studien weder zwischen der Grösse des ovulatorischen Follikels und der Östrogenkonzentration im Plasma (Roelofs *et al.* 2004), noch zwischen der Grösse des ovulatorischen Follikels und der Befruchtungsrate (Roelofs *et al.* 2006) ein Zusammenhang feststellbar. Dagegen konnten Perry *et al.* (2007) bei zyklussynchronisierten Färsen eine maximale Trächtigkeitsrate bei einer präovulatorischen Follikelgrösse von 12.8 mm erzielen, während Färsen mit einer Follikelgrösse <10.7 oder >15.7 mm signifikant seltener gravid wurden. In einer weiteren Studie konnte eine positive Korrelation zwischen der ovulatorischen Follikelgrösse, der Östrogenkonzentration im Plasma und der Endometriumsdicke festgestellt werden, wobei eine Zunahme dieser drei Parameter zu höheren Trächtigkeitsraten führte (Souza *et al.* 2011).

2.2. Zystische Ovarfollikel

Zystische Ovarfollikel werden traditionell als flüssigkeitsgefüllte Funktionsgebilde mit einem Durchmesser ≥ 25 mm definiert, die in Abwesenheit eines Gelbkörpers mehr als zehn Tage auf einem Ovar persistieren (Bierschwal *et al.* 1975, Garverick 1997, Lopez-Gatius & Lopez-Bejar 2002). Andere Autoren geben als Definition einen Durchmesser ≥ 25 mm und eine Persistenz ≥ 8 Tage (Carroll *et al.* 1990), bzw. einen Durchmesser ≥ 22 mm und eine Persistenz ≥ 10 Tage (Grado-Ahuir *et al.* 2011) an. Desweiteren gibt es Studien, die bereits Follikel ≥ 17 mm als zystische Ovarfollikel beschreiben, sofern diese für mindestens 7 Tage am Ovar persistieren (Silvia *et al.* 2002, Hatler *et al.* 2003).

Innerhalb der zystischen Ovarfollikel unterscheidet man zwischen Follikel-Theka- und Follikel-Lutein-Zysten (Garverick 1997).

2.2.1. Follikel-Theka-Zysten

Bei der transrektalen Palpation spürt man die Follikel-Theka-Zyste als eine grosse, fluktuierende Blase mit einer dünnen Wand, welche bereits während der Palpation rupturieren kann (Hanzen *et al.* 2000). Bei der sonographischen Untersuchung stellt sich die Follikel-Theka-Zyste als eine follikelartige, anechogene Struktur mit einem Durchmesser > 25 mm und einer Wanddicke ≤ 3 mm dar (Edmondson *et al.* 1986, Carroll *et al.* 1990). Ob sie in ihrer Form kreisrund, oval oder polygonal ist, hängt vor allem von dem Grad der Einengung durch andere Strukturen auf dem jeweiligen Ovar ab (Kähn & Leidl 1989).

In mehreren Studien (Dobson *et al.* 1977, Sprecher *et al.* 1989, Carroll *et al.* 1990, Farin *et al.* 1992) wurde die Genauigkeit der Diagnose von Follikel-Theka-Zysten untersucht, wobei die transrektale Palpation der Sonographie gegenübergestellt wurde. Dabei lagen die positiv prädiktiven Werte bei der transrektalen Palpation mit 66% (Range, 39-78%) unterhalb von denen der sonographischen Diagnostik mit 74% (60-78%).

2.2.2. Follikel-Lutein-Zysten

Follikel-Lutein-Zysten sind grosse follikelartige aber dickwandige Gebilde und fühlen sich demnach bei der Palpation fester bzw. derber als Follikel-Theka-Zysten an (Hanzen *et al.* 2000). Die Wand der Follikel-Lutein-Zysten wird von Luteingewebe gebildet, welches Progesteron synthetisiert (Garverick 1997). Die durchschnittliche P₄-Konzentration im Plasma von Kühen mit Follikel-Lutein-Zysten beträgt 3.6 ng/ml (3.0 – 10.4 ng/ml), was in etwa den Werten während des physiologischen Diöstrus entspricht (Leslie & Bosu 1983, Ribadu *et al.* 1994).

Sonographisch stellt sich die Follikel-Lutein-Zyste als eine mit anechogener Flüssigkeit gefüllte Struktur dar, deren Wand >3 mm dick ist und die Echogenität eines Gelbkörpers aufweist (Edmondson *et al.* 1986, Carroll *et al.* 1990). Die innere Wandung ist dabei meist regelmässig und der flüssigkeitsgefüllte Raum häufig von dünnen hyperechogenen Linien (Trabekeln) durchzogen (Kähn & Leidl 1989). In Abgrenzung zur Follikel-Lutein-Zyste hat der Hohlraum eines Gelbkörpers gewöhnlich einen Durchmesser <25 mm und die Dicke des umgebenden Luteingewebes reicht meist von 5 – 10 mm (Kähn & Leidl 1989). Zudem bildet sich der Hohlraum eines Gelbkörpers ab Tag 10 des Brunstzyklus langsam zurück (Kastelic *et al.* 1990b), so dass der gewebige Anteil meist grossflächiger als der Hohlraum erscheint.

Für die Diagnose von Follikel-Lutein-Zysten liegen die positiv prädiktiven Werte bei der transrektalen Palpation mit 66% (Range, 35–87%) unterhalb von denen der sonographischen Diagnostik mit 85% (50–90%) (Dobson *et al.* 1977, Sprecher *et al.* 1989, Carroll *et al.* 1990, Farin *et al.* 1992).

In einer Studie von Ribadu *et al.* (1994) wurden Präsenz und Typ zystischer Ovarfollikel mit einer Kombination aus Milchprogesterontest und transrektaler Palpation in 52% der Fälle richtig diagnostiziert, während die Diagnose mittels Sonographie in 93% der Fälle ein richtiges Ergebnis lieferte.

2.3. Corpus luteum

2.3.1. Corpus luteum – palpatorische Diagnose

Nach der Ovulation füllt sich die Follikelhöhle mit Blut und es entsteht ein Corpus haemorrhagicum, welches von Tag 1 bis 5 *post ovulationem* (*p.ov.*) präsent ist (Hanzen *et al.* 2000), aufgrund seiner geringen Grösse und weichen Konsistenz jedoch besonders in der Frühphase relativ schwierig palpatorisch zu ermitteln ist (Pieterse *et al.* 1990). Während des Diöstrus wandelt sich das Corpus haemorrhagicum zum reifen Corpus luteum (Blütegelbkörper), welches zwischen Tag 6 und 18 *p.ov.* mit einem Durchmesser von 19 – 35 mm seine maximale Grösse und seine typische, leberähnliche Konsistenz erreicht (Zemjanis 1970, Studer 1975, Belling 1986). In dieser Phase hebt sich der Gelbkörper oft kronenförmig von der Oberfläche des Ovars ab und ist grösser als das restliche Ovargewebe. Etwa 30% der Gelbkörper besitzen einen flüssigkeitsgefüllten Hohlraum (McEntee 1958, Morrow *et al.* 1966, Donaldson & Hansel 1968, Kaneda *et al.* 1980). Der sich ab Tag 18 *p.ov.* in Rückbildung befindliche Gelbkörper wird in seiner Konsistenz zunehmend derber und kann bis Tag 3 nach der nächsten Ovulation als Corpus albicans (Gelbkörpersnarbe) palpiert werden (Zemjanis 1970, Studer 1975).

Im Vergleich zur Diagnostik anhand der Bestimmung der P₄-Konzentration (Blütegelbkörper mit >0.5 ng/ml in der Milch und >1.0 ng/ml im Plasma) lassen sich mittels transrektaler Palpation 78% (Range, 76–90%) der Blütegelbkörper identifizieren (Boyd & Munro 1979, Watson & Munro 1980, Mortimer *et al.* 1983, Ott *et al.* 1986, Pathiraja *et al.* 1986, Kelton *et al.* 1988, Kelton *et al.* 1991, Archbald *et al.* 1992, Ribadu *et al.* 1994). Vergleicht man hingegen die Ergebnisse der transrektalen Palpation mit der anatomischen Ovardiagnostik nach der Schlachtung, so wird mittels transrektaler Palpation das Vorhandensein eines Blütegelbkörpers zu 86% und das Fehlen eines solchen zu 85% richtig diagnostiziert (Kähn & Leidl 1986, Pieterse *et al.* 1990). Eine Studie von Dawson (1975) belegt, dass mittels transrektaler Palpation 15% der Gelbkörper >10 mm nicht diagnostiziert und 10% der Gelbkörper fälschlicherweise für Zysten oder Follikel gehalten werden.

Die palpatorische Ermittlung eines Corpus haemorrhagicum gestaltet sich aufgrund seiner geringen Grösse und weichen Konsistenz relativ schwierig und gelingt nur in 44% der Fälle (Pieterse *et al.* 1990). Dagegen gelingt die palpatorische Diagnose

eines Gelbkörpers in Rückbildung aufgrund seiner fühlbaren derben Konsistenz zu einem höheren Prozentsatz von 64% (Pieterse *et al.* 1990). Ansonsten hat die Ermittlung der Konsistenz jedoch nur einen begrenzten Aussagewert bezüglich des Funktionszustandes eines CL (Watson & Munro 1980).

2.3.2. Corpus luteum – sonographische Diagnose

Während sich ein Corpus haemorrhagicum sonographisch als eine schwach echo-gene Struktur darstellt, nimmt die Echogenität eines Corpus luteum mit seiner Reifung zu. Ein Blütegelbkörper stellt sich dabei als ein grobkörniges, graustrukturiertes ovales Areal dar, welches von einer Demarkationslinie umgeben ist, die es vom restlichen, etwas echogener erscheinenden Ovarparenchym abgrenzt. Das sonographische Bild eines Trächtigkeitsgelbkörpers ist dabei dem eines zyklischen Gelbkörpers im Diöstrus sehr ähnlich (Pierson & Ginther 1984, Edmondson *et al.* 1986, Omran *et al.* 1988, Pieterse 1989, Kastelic *et al.* 1990b, Ribadu *et al.* 1994). Zudem erscheint es unmöglich, anhand der sonographischen Darstellung des CL den genauen Tag im Diöstrus zu bestimmen (Pieterse 1989), bzw. anhand seiner Grösse und Echogenität ein CL in Anbildung (3.-4. Tag *p.ov.*) von einem CL in Rückbildung (3-4 Tage vor der folgenden Brunst) zu unterscheiden (Battocchio *et al.* 1999).

Oftmals ist im sonographischen Bild eines Gelbkörpers ein flüssigkeitsgefüllter Hohlraum zu erkennen (Pierson & Ginther 1987a, Kastelic *et al.* 1990b), welcher sich durchaus ähnlich einem Follikel darstellen kann (Kähn & Leidl 1989). Gewöhnlich ist dieser Hohlraum aber im Gegensatz zu einem Follikel weniger regelmässig, sowie von Luteingewebe umgeben und teilweise von echogenen Strukturen durchsetzt (Pierson & Ginther 1987a). Der Hohlraum kann einen Durchmesser von 2 – 22 mm erreichen, wobei in 65% der Fälle ein Durchmesser von 2 – 10 mm vorliegt und nur in 35% der Fälle 10 mm überschritten werden (Kastelic *et al.* 1990b).

Bei einem Gelbkörper in Rückbildung ähnelt dessen Echogenität aufgrund des derben Gewebes im sonographischen Bild sehr stark der Echogenität des Ovarstromas und ist somit nur relativ schwer von diesem zu unterscheiden (Pieterse *et al.* 1990).

Mittels transrektaler Sonographie lässt sich das Vorhandensein eines Gelbkörpers in 87% und das Fehlen eines Gelbkörpers in 92% der am Schlachttierovar verifizierten

Fälle richtig diagnostizieren (Kähn & Leidl 1986, Pieterse *et al.* 1990, Ribadu *et al.* 1994). Die korrekte Diagnose eines Corpus haemorrhagicum gelingt aufgrund seiner schwach echogenen Struktur nur zu 33% (Pieterse *et al.* 1990). Auch ein Gelbkörper in Rückbildung lässt sich sonographisch nur zu einem mässigen Anteil von 57% korrekt diagnostizieren, da sich die Echogenitäten dieses derben Gewebes und des Ovarstromas sehr ähneln (Pieterse *et al.* 1990).

Als Zusammenfassung der beschriebenen Studien kann man feststellen, dass die Diagnose von Blütegelbkörpern mittels Sonographie genauer ist als mittels transrektaler Palpation, wohingegen bei der Bestimmung eines Gelbkörpers in Anbildung oder in Rückbildung die Palpation der Sonographie geringfügig überlegen ist.

2.3.3. Progesteronwerte

Neben den oben genannten Vorteilen in der Diagnose von Blütegelbkörpern ermöglicht die Sonographie des CL Rückschlüsse auf dessen Funktionalität. So korreliert die sonographisch ermittelte Grösse eines Gelbkörpers mit der Milch-P₄Konzentration, wobei ein Durchmesser >11 mm auf eine P₄-Konzentration >5 ng/ml hinweist (Sprecher *et al.* 1989). Auch eine positive Korrelation zwischen der Fläche des Luteingewebes im sonographischen Bild und der Plasma-P₄-Konzentration wurde bereits beschrieben (Kastelic *et al.* 1990a, Luttgenau *et al.* 2011b).

3. Uterus

3.1. Uterusinvolution

Für die Beurteilung des Verlaufs der Uterusinvolution kommen verschiedene Untersuchungsmethoden in Frage, wobei die transrektale Palpation wohl die in der Praxis am häufigsten genutzte Methode ist. Hierbei werden Befunde bezüglich Grösse, Fluktuation, Kontraktilität und Symmetrie des Uterus erhoben. Als nachteilig erweist sich die Subjektivität der mit dieser Methode erhobenen Befunde, weshalb die Sonographie als objektive Methode für die Bestimmung des zeitlichen Verlaufs der Uterusinvolution im Puerperium bevorzugt (Okano & Tomizuka 1987) oder zumindest zusätzlich zur transrektalen Palpation eingesetzt wird (Tsousis *et al.* 2008). Die Sono-

graphie ermöglicht eine Beurteilung der Uterusgrösse (Okano & Tomizuka 1987, Aslan *et al.* 2002, Sheldon *et al.* 2006) und erlaubt zudem eine Befunderhebung hinsichtlich der Echogenität, Textur und Dicke der Uteruswand sowie der Echogenität und Ausdehnung der Flüssigkeitsansammlungen im Uteruslumen (siehe 2.3.2.) (Pierson & Ginther 1987b, Bonafos *et al.* 1995, Aslan *et al.* 2002). Die Dauer der Uterusinvolution beträgt nach einer Normalgeburt 40 Tage (Okano & Tomizuka 1987), wobei der spätere Erstbesamungserfolg umso höher ist, je schneller der Uterushorndurchmesser abnimmt und der sonographisch erhobene Uterusquerschnitt zum nicht-graviden Zustand zurückkehrt (Aslan *et al.* 2002).

3.2. Intrauterine Flüssigkeit

Schon früh beschrieben Fissore *et al.* (1986) die Vorzüge der transrektalen Sonographie bei der Untersuchung des physiologischen Uterus sowie bei der Differenzierung fraglicher Palpationsbefunde bei pathologischen Zuständen wie Endometritis, Pyometra und Mukometra. Ein erweitertes, flüssigkeitsgefülltes Uteruslumen, welches sich von echogen bis hyperechogen darstellt, deutet nach Ansicht der Autoren generell auf ein entzündliches Geschehen hin und verzögert die Involution des Uterus. In einer späteren Studie wurden diese intrauterinen echogenen und hyperechogenen Partikel dann als „Schneegestöber“ bezeichnet (Bekana *et al.* 1994).

Bei alleiniger Anwendung der transrektalen Palpation zur Diagnose einer subklinischen Endometritis war keine Vorhersage bezüglich der späteren Trächtigkeitsrate möglich (Kasimanickam *et al.* 2004). Im Gegensatz dazu korrelieren subklinische Endometritiden, die mittels Sonographie oder Zytologie diagnostiziert werden, signifikant mit einer verminderten Trächtigkeitsrate (Kasimanickam *et al.* 2004, Barlund *et al.* 2008). Bei einer alleinigen sonographischen Untersuchung deuten sowohl ein Durchmesser des Uteruslumens von >2 mm als auch das Vorliegen von echogenem Uterusinhalt in jeglicher Ausprägung auf einen geringen Trächtigkeitserfolg hin (Lenz *et al.* 2007). Beim direkten Vergleich von Vaginoskopie, Sonographie (Uterusinhalt oder Endometriumsdicke) und Zytologie (Cytobrush oder Uteruslavage), erweist sich die Zytologie als die am besten für eine Endometritisdiagnostik geeignete Methode, wobei ein Anteil polymorphkerniger neutrophiler Granulozyten (PMN) von >8% den Erstbesamungserfolg um 17.9% reduziert und die Güstzeit um 25 Tage verlängert

(Barlund *et al.* 2008). In einer anderen Studie liegen die PMN-Grenzwerte für die Diagnose einer subklinischen Endometritis bei 18% zwischen Tag 21 und 33 *post partum* (*p.p.*) bzw. bei 10% zwischen Tag 34 und 47 *p.p.* (Sheldon *et al.* 2006).

Auch im Verlauf des normalen Brunstzyklus lässt sich teilweise sonographisch intrauteriner Inhalt darstellen. In der periovulatorischen Phase stellt sich das Lumen wegen des flüssigen Inhalts aufgrund uteriner Sekretion meist anechogen dar. Die Menge steigt wenige Tage vor der Ovulation an und verringert sich im Anschluss an die Ovulation wieder, bis schliesslich intrauterin an Tag 2 *p.ov.* und intravaginal an Tag 6 *p.ov.* wieder der Ausgangswert erreicht wird (Pierson & Ginther 1987b). Das Volumen der intrauterinen und intravaginalen Flüssigkeit ist dabei zur Menge des im Östrus und Metöstrus abfliessenden vaginalen Schleims proportional (Pierson & Ginther 1987b).

3.3. Tonus und Kontraktilität

Der mittels transrektaler Palpation ermittelbare Uterustonus ist um den Zeitpunkt der Ovulation am stärksten, fällt bis Tag 3 *p.ov.* rasch auf ein Minimum ab, um dann im frühen Diöstrus wieder langsam anzusteigen (Bonafos *et al.* 1995). Dieser Anstieg ist sowohl bei nicht graviden als auch bei graviden Tieren gleichermassen zu beobachten.

Bereits eine frühere Studie (Rodriguez-Martinez *et al.* 1987), in welcher der Uterustonus mittels eines Druckmessgerätes im Uterushorn bestimmt wurde, kam hinsichtlich des zyklischen Verlaufs zu ähnlichen Ergebnissen. Es konnte ein schwacher Uterustonus und eine geringe Motilität im Diöstrus, ein Anstieg beider Parameter im Proöstrus und ein Maximum im Östrus festgestellt werden, bevor ein anschliessender Abfall beider Parameter mit erneuten Tiefstwerten im Diöstrus erfolgte.

Die sonographisch ermittelbare Kontraktilität des Uterus erreicht - vergleichbar dem Uterustonus - ihr Maximum um den Zeitpunkt der Ovulation (Bonafos *et al.* 1995). Anschliessend nimmt sie - im Gegensatz zum Uterustonus - bis zum Tag 16 *p.ov.* kontinuierlich ab, um bei den graviden Tieren auf diesem niedrigen Niveau zu verbleiben, während bei den nicht graviden Tieren ab Tag 17 *p.ov.* wieder ein Anstieg der Kontraktilität bis hin zur nächsten Ovulation erkennbar ist (Bonafos *et al.* 1995).

Eine genauere Aufschlüsselung der Kontraktilität in Kontraktionsdauer und -frequenz ergab, dass im Proöstrus zunächst eine Zunahme der Kontraktionsdauer und erst dann eine Zunahme der Frequenz erfolgte (Ruckebusch & Bayard 1975). Im Östrus wurde das Maximum der Kontraktilität erreicht, während sich anschliessend zuerst die Amplitude, gefolgt von der Frequenz der Kontraktionen verringerte.

3.4. Endometrium

3.4.1. Echotextur des Endometriums

Das Endometrium ist starken zyklischen Schwankungen unterworfen, wobei neben der Endometriumsdicke auch der Grad der Ödematisierung und dessen Echotextur betroffen sind (Fissore *et al.* 1986, Pierson & Ginther 1987b). Im Proöstrus und Östrus nehmen die Dicke und die Ödematisierung des Endometriums zu, wodurch es im sonographischen Bild als echogene Struktur deutlich zu erkennen ist. Die Ödematisierung zu diesem Zeitpunkt im Zyklus bewirkt eine Zunahme der Heterogenität, wobei nach der Ovulation die Echotextur des Endometriums zunehmend homogener wird und während des Diöstrus auf einem konstanten Level hoher Homogenität verbleibt (Pierson & Ginther 1987b, Bonafos *et al.* 1995). Im Diöstrus kann das Endometrium daher normalerweise gut vom helleren Myometrium unterschieden werden. Manchmal sind bei diesem Zyklusstand sogar Endometriumsfalten zu erkennen, jedoch ist keine Flüssigkeit im Lumen sichtbar. Da die Epithelien des Endometriums aufeinander liegen, stellen sie sich im sonographischen Bild als dünne hyperecho-gene Linien dar (Fissore *et al.* 1986, Pierson & Ginther 1987b).

3.4.2. Dicke des Endometriums

Die Dicke des Endometriums ist wie die bereits oben beschriebene Echotextur starken zyklischen Schwankungen unterworfen. Vom Zeitpunkt der erwarteten Luteolyse bis zur Ovulation nimmt die Endometriumsdicke stetig zu (Pierson & Ginther 1987b). Nach der Ovulation verringert sich die Endometriumsdicke und verbleibt während der Phase des Diöstrus auf einem konstant niedrigen Niveau (Pierson & Ginther 1987b). Auch in einer neueren Studie, in der die Endometriumsdicke während eines

Ovsynch-Programms (GnRH – 7 d – PGF_{2α} – 72 h – GnRH) vom Tag der PGF_{2α}-Applikation bis fünf Tage danach täglich gemessen wurde, konnte ein ähnlicher Verlauf in der Dickenzunahme bzw. -abnahme des Endometriums beobachtet werden (Souza *et al.* 2011). Dabei nahm die Endometriumsdicke von 7 mm zum Zeitpunkt der PGF_{2α}-Applikation rasch auf 9.5 mm am nächsten Tag zu, verblieb bei >9 mm für die nächsten zwei Tage und verringerte sich dann auf 8.0 bzw. 7.4 mm am ersten bzw. zweiten Tag nach der zweiten GnRH-Applikation. Unterschiede in diesen beiden Studien waren die Messung der Endometriumsdicke am Uteruskörper von Färse (Pierson und Ginther, 1987) im Vergleich zur Messung an den Uterushörnern von Kühen (Souza *et al.*, 2011). In einem weiteren Experiment konnten Souza *et al.* (2011) zeigen, dass bereits durch eine einmalige sonographische Untersuchung der Endometriumsdicke 48 h nach der PGF_{2α}-Applikation im Rahmen eines OvSynch-Programms (GnRH – 7 d – PGF_{2α} – 56 h – GnRH – 16 h – Besamung) eine gute Vorhersage bezüglich des Besamungserfolges möglich ist. Dabei konnte mit zunehmender Endometriumsdicke ein Anstieg der Follikelgrösse, der Östrogenkonzentration im Serum, des Uterustonius, der Ausprägung des Brunstverhaltens und der Ovulations- sowie der Trächtigkeitsrate festgestellt werden. Eine Endometriumsdicke >8 mm führte bei 42.7% der Tiere zu einer Trächtigkeit, während die Trächtigkeitsrate bei Tieren mit einer Endometriumsdicke ≤8 mm nur bei 26.7% lag.

Eine sonographische Messung der Endometriumsdicke während der Brunst scheint ein guter Indikator für den Hormonstatus, besonders für Progesteron und Östrogen zu sein. So war bei Souza *et al.* (2011) zwischen der P₄-Konzentration im Serum und der Endometriumsdicke eine negative Korrelation festzustellen, während die Serum-Östrogenkonzentration positiv mit der Endometriumsdicke korrelierte. Bereits in einer früheren Studie konnte eine positive Korrelation zwischen der Östrogenkonzentration und der Endometriumsdicke beobachtet werden (Johnson *et al.* 1997), während in anderen Studien ein solcher Zusammenhang nicht nachweisbar war (Glissant *et al.* 1985, Schild *et al.* 1999).

VI. Material und Methoden

1. Versuchstiere

Die Untersuchungen wurden an 604 Milchkühen durchgeführt, welche in einer Tierarztpraxis im Südosten von Baden-Württemberg zwischen September 2011 und März 2013 zur Erstbesamung vorgestellt wurden. Die Tiere gehörten den Rassen Braunvieh (65%; n=391), Fleckvieh und Holstein (je 16%; n=99 und n=95) sowie allen Kreuzungsvarianten zwischen den genannten Rassen (3%; n=19) an und stammten aus insgesamt 46 Betrieben mit Betriebsgrößen zwischen 4 und 120 Kühen. Die in die Studie involvierten Betriebe deckten sowohl verschiedenen Haltungsformen (Anbinde- und Laufstallhaltung) als auch unterschiedlich intensive Fütterungssysteme ab, die von Weidegang im Sommer bzw. Grassilage und Heu im Winter bis zur ganzjährigen Fütterung totaler Mischrationen reichten.

2. Versuchsplan

Bei allen zur Erstbesamung vorgestellten Tieren wurden die Rasse, die Laktationsnummer, das Laktationsstadium und der Body Condition Score (BCS) zum Zeitpunkt der Untersuchung dokumentiert. Anschliessend wurden die Tiere alternierend den Gruppen M (manuell) und S (sonographisch) zugeteilt. Die Überprüfung der Besamungstauglichkeit erfolgte entsprechend der Gruppeneinteilung, wobei sich die Untersuchung der Tiere in der Gruppe M auf eine transrektale manuelle Palpation des inneren Genitale beschränkte, während bei Tieren der Gruppe S zusätzlich eine sonographische Untersuchung des Uterus und der Ovarien durchgeführt wurde. Anhand der erhobenen Befunde wurde das jeweilige Tier entweder als besamungstauglich eingestuft und folglich auch besamt oder aber als nicht besamungstauglich beurteilt und von der Besamung ausgeschlossen (Abb. 1). Die erhobenen Befunde wurden auf einem vorgedruckten Untersuchungsformular (Anhang 1) dokumentiert und die Sonogramme zur späteren Auswertung am PC auf dem Ultraschallgerät zwischengespeichert.

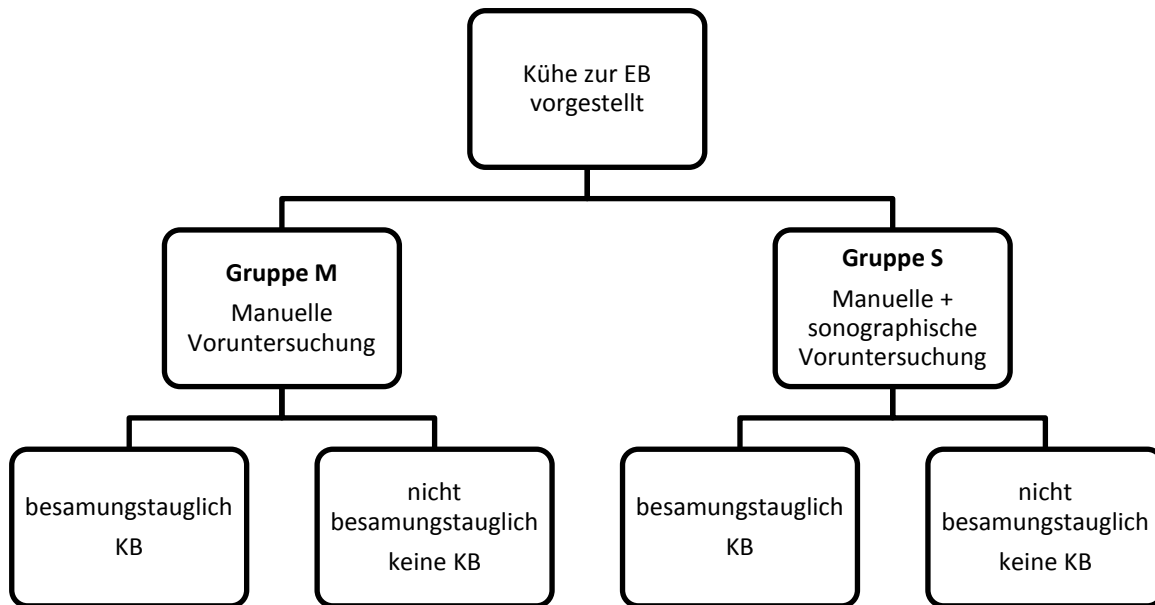


Abb. 1. Einteilung der zur Erstbesamung (EB) vorgestellten Kühe in die Gruppen mit manueller (M) bzw. manueller und sonographischer (S) Untersuchung zur Ermittlung der Besamungstauglichkeit als Voraussetzung für eine künstliche Besamung (KB).

Bei den als besamungstauglich eingestuften Tieren erfolgte 28 bis 35 Tage nach der Besamung eine sonographische Trächtigkeitsuntersuchung (TU). Wurde das Tier zwischen der Erstbesamung und dem Zeitpunkt der TU erneut zur Besamung vorgestellt, wurde eine manuelle transrektale Voruntersuchung zur Überprüfung der Besamungstauglichkeit durchgeführt (Abb. 2). Bei den als besamungstauglich eingestuften Tieren erfolgten eine erneute Besamung, sowie die Entnahme einer Blutprobe zur Bestimmung der P_4 -Konzentration zu diesem Zeitpunkt.

Bei den Tieren, die als nicht besamungstauglich eingestuft wurden, erfolgte je nach Befund der Voruntersuchung eine Zyklusansprache bzw. eine entsprechende Behandlung (Abb. 3). War der Verdacht einer klinischen Endometritis der Grund für den Ausschluss von der Besamung, wurde zusätzlich eine Endometriumsbiopsie zur histologischen Absicherung der gestellten Diagnose entnommen.

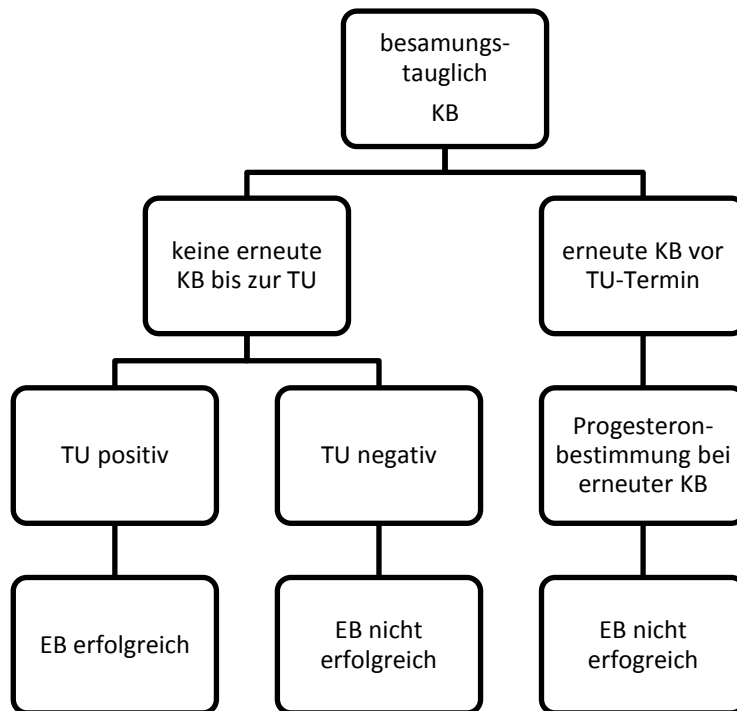


Abb. 2. Feststellung des Erfolgs der Erstbesamung (EB) bei den besamungstauglichen Kühen und diagnostisches Vorgehen bei einer erneuten künstlichen Besamung (KB) vor der Trächtigkeitsuntersuchung (TU).

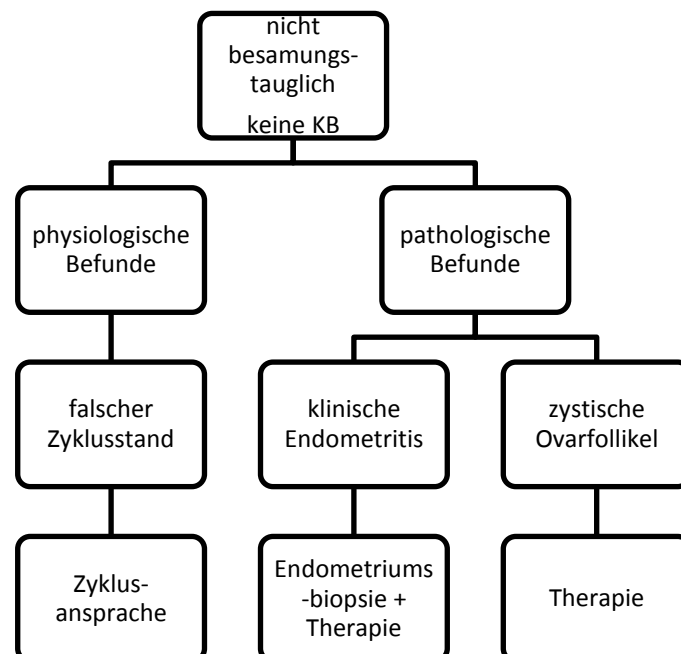


Abb. 3. Weiteres Vorgehen nach der Diagnose „besamungsuntauglich“ aufgrund verschiedener physiologischer oder pathologischer Befunde und dem Verzicht auf eine künstliche Besamung (KB).

3. Bestimmung des Body Condition Score

Für die Ermittlung der Körperkondition wurden die Bemuskelung und die Fettabdeckung an den Dorn- und Querfortsätzen der Lendenwirbel, an den Hüft- und Sitzbeinhöckern, sowie am Schwanzansatz beurteilt. Die Einteilung erfolgte gemäss einem Scoring-System (BCS) mit 0.25-Abständen von 1.00 bis 5.00 (Edmondson *et al.* 1989).

4. Manuelle transrektale Untersuchung

Bei der manuellen transrektalen Palpation des Uterus wurden Befunde bezüglich der Grösse, Symmetrie, Konsistenz und Kontraktilität, sowie etwaigen uterinen Inhaltes erhoben. Dabei wurden die Einteilungen nach Grunert (1990) verwendet und die Befunde dementsprechend dokumentiert (Anhang 2).

Bei der manuellen transrektalen Palpation der Ovarien wurden Art und Grösse (als Durchmesser in 0.25 cm-Schritten) der einzelnen Funktionsgebilde eingeschätzt und dokumentiert. Eine grosse, fluktuierende follikelartige Struktur (geschätzter Diameter >22.5 mm) wurde bei Vorliegen einer dünnen Wand (geschätzte Wanddicke <3 mm) als Follikel-Theka-Zyste und bei dickerer Wandung als Follikel-Lutein-Zyste angesprochen.

5. Sonographische transrektale Untersuchung

Die sonographische Untersuchung der inneren Genitalorgane erfolgte transrektal mit einem portablen Ultraschallgerät, das mit einer 7.5 MHz Linearsonde (easi-scan; Firma BCF Technology Ltd., Bellshill, United Kingdom) ausgestattet war. Die gespeicherten Bilder wurden vom Ultraschallgerät auf den PC übertragen und dort mit einem Bildbearbeitungsprogramm (FixFoto Version 2.78; Joachim Koopmann Software, Wrestedt, Deutschland) ausgewertet.

Die Bestimmung der Endometriumsdicke erfolgte für jedes Uterushorn separat an einem Querschnittsbild ca. 2 cm kranial der Bifurkation. Dabei wurde auf dem je-

weiligen Bild die minimal messbare Endometriumsdicke ermittelt. Aus den beiden gemessenen Werten wurde dann die mittlere Endometriumsdicke für das jeweilige Tier berechnet (Souza *et al.* 2011). Bei einem etwaig vorhandenen uterinen Inhalt wurde dessen maximaler Durchmesser dokumentiert. Waren echogene Partikel im Lumen sichtbar, wurde dieser Befund ebenfalls dokumentiert und als Endometritis gewertet.

An den Ovarien wurden Anzahl und Grösse der vorhandenen Funktionsgebilde (Follikel, Gelbkörper, zystische Ovarfollikel) bestimmt. Für die Entscheidung über die Besamungstauglichkeit des Tieres vor Ort wurde der mittlere Durchmesser bei maximaler Querschnittsfläche des Funktionsgebildes anhand eines Gitters (Linienabstand 1 cm) auf dem Bildschirm des Ultraschallgerätes abgeschätzt. Bei der späteren Auswertung dieser Sonogramme mittels des Bildbearbeitungsprogramms FixFoto am PC erfolgte eine exakte zweidimensionale Grössenbestimmung der Funktionsgebilde durch die Messung ihrer Flächen (A). Zur besseren Vergleichbarkeit mit den palpatorisch ermittelten Grössenangaben wurde aus den exakt gemessenen Flächen mit folgender Formel der entsprechende Durchmesser (d) berechnet: $d = \sqrt{(4 \cdot A / \pi)}$. Follikelartige, anechogene Strukturen mit einem Durchmesser >22.5 mm wurden bei einer Wanddicke <3 mm als Follikel-Theka-Zyste und bei einer Wanddicke ≥3 mm als Follikel-Lutein-Zyste angesehen.

6. Definition der Besamungstauglichkeit

Ein Tier wurde als besamungstauglich eingestuft und besamt, wenn bei der Voruntersuchung der Uterus unter der Hand zu versammeln war und die Hörner maximal vierfingerstark waren, eine Symmetrie oder maximal geringgradige Asymmetrie vorlag und eine mittelgradige oder starke Kontraktilität ermittelt werden konnte. Palpatorisch durfte kein uteriner Inhalt feststellbar sein und sonographisch war lediglich eine intrauterine Flüssigkeitsansammlung mit einem maximalen Durchmesser von 10 mm ohne echogene Partikel erlaubt. An den Ovarien musste mindestens ein weicher fluktuierender Follikel mit einem Durchmesser zwischen 12.0 und 22.5 mm (mod. nach Roelofs *et al.* 2010) nachweisbar sein und es durfte gleichzeitig kein Gelbkörper (d >10 mm) vorhanden sein (Roelofs *et al.* 2010). Waren mehrere Follikel zwischen 12.0 und 22.5 mm vorhanden, so wurde bei der weiteren Auswertung davon ausge-

gangen, dass der grösste Follikel zur Ovulation kommt. Waren sowohl Follikel zwischen 12.0 und 22.5 mm, als auch Follikel >22.5 mm vorhanden, wurde entsprechend der Kontraktilität des Uterus entschieden. Bei einer geringen Kontraktilität wurde vermutet, dass es sich bei dem Follikel mit einem Durchmesser >22.5 mm um einen aktiven zystischen Ovarfollikel handelt und das Tier wurde somit als nicht besamungstauglich angesehen. Bei mittelgradiger oder starker Kontraktionsbereitschaft wurde der Follikel >22.5 mm als alter, nicht mehr aktiver zystischer Ovarfollikel betrachtet und das Tier wurde besamt. In diesem Fall wurde der grösste vorhandene Follikel zwischen 12.0 und 22.5 mm als präovulatorischer Follikel definiert.

Die nicht besamungstauglichen Tiere wurden entsprechend ihren Uterus- und Ovarbefunden für die weitere Auswertung einer der folgenden fünf Gruppen zugeordnet:

- I kein Follikel, kein CL
- II Follikel und CL
- III kein Follikel, aber CL
- IV Follikel-Theka-Zyste
- V Endometritis

Bei Diagnose einer Endometritis wurden die Uterusgrösse und der Ovarbefund für die Einteilung der Tiere nicht weiter berücksichtigt.

7. Laboruntersuchungen

7.1. Messung der Progesteronkonzentration

Zur Bestimmung der P_4 -Konzentration im Serum wurde den Tieren venöses Blut (*V. coccygica*) in Probenröhrchen mit Gerinnungsaktivator entnommen und kühl (ca. 6 °C) gelagert. Innerhalb von 12 (bis max. 24 h) erfolgte die Gewinnung des Serums mittels Zentrifugation (3000 x g, 15 min). Das Serum wurde abpipettiert und bis zur Messung der P_4 -Konzentration bei -20 °C gelagert. Die Hormonanalytik erfolgte mittels Radioimmunoassay unter Verwendung des RIA kit IM1188 (Beckman Coulter GmbH, Krefeld, Deutschland) in der Veterinärphysiologie der Vetsuisse Fakultät Universität Bern.

7.2. Histopathologische Untersuchung der Endometriumsbiopate

Zur Absicherung der klinischen Diagnose einer Endometritis wurde eine Endometriumsbiopsie entnommen, da die histopathologische Untersuchung von Endometriums Gewebe den Goldstandard für den Nachweis einer Endometritis darstellt (Bonnett *et al.* 1991). Wie bereits ausführlich beschrieben (Luttgenau *et al.* 2011a) wurde dabei ein Biopat des Endometriums (ca. 10 x 5 x 5 mm) im Bereich der Basis eines Uterushorns nahe der Bifurkation unter transrektaler Kontrolle mit einer Uterusbiopsiezange nach Kevorkian entnommen. Die Biopate wurden nach der Entnahme bis zur weiteren Bearbeitung am Institut für Veterinärpathologie der Universität Zürich in einer 4%igen Formaldehydlösung (neutral gepuffertes Formol nach Lillie) bei ca. 6 °C gelagert. Für die histologische Untersuchung wurden die Biopate gemäss Standardprozedere in Paraffin eingebettet. Von den Paraffinblöcken wurden 2.5 µm Schnitte angefertigt und nach Hämatoxylin und Eosin gefärbt. Die lichtmikroskopische Untersuchung erfolgte mit einem Standardmikroskop der Firma Leica unter Verwendung der 4er, 10er, 20er und 40er Objektive. Histomorphologisch wurde das luminale Epithel, das *Stratum compactum* und das *Stratum spongiosum* auf Infiltrationen mit Entzündungszellen untersucht.

8. Statistische Auswertung

Bei der statistischen Auswertung wurden die Daten von 600 Versuchstieren der Gruppen M (n=301) und S (n=299) berücksichtigt; vier Kühe wurden von der Studie ausgeschlossen. Bei zwei Kühen, die zum Zeitpunkt der Nachbesamung eine Serum-P4-Konzentration von 1.3 und 1.7 ng/ml aufwiesen, konnte nicht sicher ermittelt werden, ob die Tiere von der Erst- oder Nachbesamung gravid waren. Bei den anderen beiden Kühen war nur eine intrazervikale Insemination möglich bzw. erfolgte vor dem TU-Termin versehentlich eine Prostaglandin $F_{2\alpha}$ – Applikation.

Die Verteilung der Daten wurde visuell (PROC CHART) und mittels Kolmogorov-Smirnov-Test (PROC UNIVARIATE) überprüft. Bei quantitativen Zielgrössen wurde für den Vergleich zwischen den Gruppen M und S im Fall einer Normalverteilung der Student's t-Test (PROC TTEST) und bei Nicht-Normalverteilung der Wilcoxon-Test (PROC NPAR1WAY) durchgeführt. Für den Vergleich qualitativer Zielgrössen zwi-

schen den Gruppen M und S wurde der Chi-Quadrat-Homogenitätstest bzw. der exakte Test nach Fisher (PROC FREQ) verwendet. Alle statistischen Auswertungen wurden mit dem Statistical Analysis System V9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt; $p \leq 0.05$ wurde als signifikanter und $0.05 < p \leq 0.10$ als tendenzieller Unterschied angesehen.

VII. Ergebnisse

1. Versuchstiere

Der Anteil an Kühen der Rassen Braunvieh, Fleckvieh, Holstein und Kreuzungstieren unterschied sich nicht ($p > 0.10$) zwischen den Gruppen M (65.8, 16.3, 14.3 und 3.7%) und S (64.2, 16.4, 16.7 und 2.7%). Die durchschnittliche Laktationsnummer der Kühe wies ebenfalls keinen Unterschied ($p > 0.10$) zwischen den Gruppen M und S ($MW \pm SD$; 2.8 ± 1.8 vs. 3.1 ± 1.9) auf. In beiden Gruppen war ein vergleichbarer Anteil primiparer Tiere von 29.6% ($n=89$; M) und 24.1% ($n=72$; S) vorhanden ($p > 0.10$). Die Erstuntersuchung auf Besamungstauglichkeit fand bei den Kühen der Gruppe M 73.7 ± 32.0 Tage *p.p.* und in der Gruppe S 72.9 ± 34.9 Tage *p.p.* statt ($p > 0.10$). Zu diesem Zeitpunkt wiesen die Kühe der Gruppen M und S einen vergleichbaren BCS auf (3.3 ± 0.4 vs. 3.4 ± 0.4 ; $p > 0.10$).

2. Besamungstauglichkeit

2.1. Anteil besamungstauglicher Tiere und Gründe für „nicht besamungstauglich“

Der Anteil an besamungstauglich eingestuften Tieren war in der Gruppe M 10.9% höher ($p = 0.003$) als in der Gruppe S (Tab. 1).

In der Gruppe M war der fehlende Nachweis eines besamungstauglichen Follikels (d 12.0–22.5 mm) bei gleichzeitigem Fehlen eines CL ($d > 10$ mm) der Hauptgrund für einen Ausschluss von der Besamung und kam häufiger ($p < 0.0001$) vor als in der Gruppe S (Tab. 1). Der Hauptgrund für die Beurteilung „besamungsuntauglich“ in der Gruppe S war der zusätzliche Nachweis eines CL neben einem besamungstauglichen Follikel. In der Gruppe M war dieser Befund deutlich seltener ($p < 0.0001$) zu finden als in der Gruppe S (Tab. 1). Der Nachweis eines CL, aber keines besamungstauglichen Follikels trat in den Gruppen M und S mit einer vergleichbaren Häufigkeit auf ($p > 0.10$).

Der Anteil an zystischen Ovarfollikeln, bei denen es sich ausnahmslos um Follikel-Theka-Zysten handelte, unterschied sich ebenfalls nicht ($p > 0.10$) zwischen den

Gruppen M und S. Auch der Anteil an Tieren, bei denen eine Endometritis diagnostiziert wurde, war zwischen den Gruppen M und S gleichmässig verteilt ($p > 0.10$). Bei allen 12 Tieren konnte die klinische Diagnose einer Endometritis histologisch bestätigt werden.

Tab. 1. Prozentualer Anteil besamungstauglicher und aufgrund verschiedener Befunde nicht besamungstauglicher Kühe nach vorhergehender manueller (Gruppe M; $n=301$) bzw. manueller und sonographischer (Gruppe S; $n=299$) transrektaler Untersuchung des Uterus und der Ovarien.

	Gruppe M		Gruppe S	
	%	N	%	n
besamungstauglich	78.1 ^a	235	67.2 ^b	201
nicht besamungstauglich	21.9 ^a	66	32.8 ^b	98
kein Follikel ¹ , kein CL ²	53.0 ^a	35	19.4 ^b	19
Follikel und CL	4.5 ^a	3	29.6 ^b	29
kein Follikel, aber CL	10.6 ^a	7	11.2 ^a	11
Follikel-Theka-Zyste	22.7 ^a	15	33.7 ^a	33
Endometritis	9.1 ^a	6	6.1 ^a	6

¹ d 12.0–22.5 mm; ² Corpus luteum, d >10 mm

^{a,b} Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich ($p \leq 0.05$) innerhalb einer Zeile.

2.2. Einfluss der Endometriumsdicke auf die Besamungstauglichkeit

Bei den Tieren der Gruppe S, welche als besamungstauglich eingestuft wurden, war das Endometrium dicker ($p < 0.0001$) als bei den als nicht besamungstauglich eingestuften Tieren (Tab. 2).

Untergliedert man die nicht besamungstauglichen Tiere anhand ihrer Befunde, die zu einem Ausschluss von der Besamung führten, so wiesen sowohl Kühe ohne besamungstauglichen Follikel mit ($p < 0.0001$) und ohne CL ($p = 0.01$), als auch Kühe mit

gleichzeitig vorhandenem Follikel und CL ($p = 0.003$), sowie solche mit Follikel-Theka-Zysten ($p = 0.001$) ein dünneres Endometrium im Vergleich zu den besamungstauglichen Tieren auf (Tab. 2). Im Gegensatz dazu unterschied sich die Endometriumsdicke von Kühen mit einer Endometritis nicht von der besamungstauglicher Kühe ($p > 0.10$).

Tab. 2. Endometriumsdicke (MW \pm SD) besamungstauglicher und aufgrund verschiedener Befunde nicht besamungstauglicher Kühe nach vorhergehender manueller und sonographischer (Gruppe S; $n=299$) transrektaler Untersuchung des Uterus und der Ovarien.

	Endometriumsdicke	
	MW \pm SD [mm]	CV [%]
besamungstauglich	8.5 \pm 0.7	8
nicht besamungstauglich	7.7 \pm 1.2*	16
kein Follikel ¹ , kein CL ²	7.7 \pm 1.2*	16
Follikel und CL	7.8 \pm 1.2*	15
kein Follikel, aber CL	6.8 \pm 0.7*	10
Follikel-Theka-Zyste	7.8 \pm 1.0*	13
Endometritis	8.7 \pm 1.8	21

¹ d 12.0–22.5 mm; ² Corpus luteum, d >10 mm

* Werte mit Stern unterscheiden sich ($p \leq 0.05$) von der Endometriumsdicke besamungstauglicher Kühe.

3. Trächtigkeitsrate

3.1. Erstbesamungserfolg und Anteil der graviden an allen zur Besamung vorgestellten Kühen

Der Erstbesamungserfolg war in der Gruppe S tendenziell höher ($p = 0.10$) als in der Gruppe M (Tab. 3).

Insgesamt wurden 57 der 436 erstbesamten Kühe vor der Trächtigkeitsuntersuchung erneut zur Besamung vorgestellt. Von diesen Tieren hatten 56 einen sublutealen Progesteronspiegel (≤ 1 ng/ml), sodass eine nicht erfolgreiche Erstbesamung angenommen wurde. Bei dem verbleibenden Tier, bei dem die P_4 -Konzentration zum Zeitpunkt der Nachbesamung >40 ng/ml betrug, konnte nach der positiven TU mit hoher Sicherheit von einer erfolgreichen Erstbesamung ausgegangen werden.

Der prozentuale Anteil gravider Kühe an der Gesamtzahl der zur Besamung vorgestellten Kühe wies keinen Unterschied ($p > 0.10$) zwischen den Gruppen M und S auf (Tab. 3). Der Anteil besamter, aber nicht gravid gewordener Kühe an der Gesamtzahl der zur Besamung vorgestellten Tiere war jedoch in der Gruppe M höher ($p = 0.007$) als in der Gruppe S (Tab. 3).

Tab. 3. Erstbesamungserfolg, sowie prozentualer Anteil besamter gravider und nicht gravider Kühe an den zur Erstbesamung (EB) vorgestellten Tieren nach vorhergehender manueller (Gruppe M; $n=301$) bzw. manueller und sonographischer (Gruppe S; $n=299$) transrektaler Untersuchung des Uterus und der Ovarien.

	Gruppe M		Gruppe S	
	%	n	%	n
Erstbesamungserfolg	54.9 ^A	129/235	62.7 ^B	126/201
Anteil besamter, gravider Kühe an zur EB vorgestellten Tieren	42.9 ^a	129/301	42.1 ^a	126/299
Anteil besamter, nicht gravider Kühe an zur EB vorgestellten Tieren	35.2 ^a	106/301	25.1 ^b	75/299

^{a,b,A,B} Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich (^{a,b} $p \leq 0.05$;

^{A,B} $0.05 < p \leq 0.10$;) innerhalb einer Zeile.

3.2. Erstbesamungserfolg in Abhängigkeit von der Endometriumsdicke

Bei einer Einteilung der besamungstauglichen Tiere der Gruppe S aufgrund ihrer Endometriumsdicke in ein unteres Quartil (6.6–8.0 mm), die mittleren 50% (8.1–9.0 mm) und ein oberes Quartil (9.1–11.5 mm) konnte bei den Tieren des unteren Quartils eine tendenziell höhere ($p = 0.08$) Trächtigkeitsrate festgestellt werden als bei den Tieren des oberen Quartils (Tab. 4). Zwischen den mittleren 50% und Tieren des unteren bzw. oberen Quartils konnte kein Unterschied ($p > 0.10$) festgestellt werden.

Tab. 4. Prozentualer Anteil gravider Kühe in Abhängigkeit von der sonographisch bestimmten Endometriumsdicke zum Zeitpunkt der Besamung.

Endometriumsdicke	n	Anteil [%]
6.6 – 8.0 mm	52	73.1 ^A
8.1 – 9.0 mm	101	60.4 ^{A,B}
9.1 – 11.5 mm	48	56.3 ^B

^{A,B} Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich ($0.05 < p \leq 0.10$).

3.3. Erstbesamungserfolg in Abhängigkeit vom Uteruslumen

In der Gruppe S wurden die Tiere ausserdem entsprechend der sonographisch darstellbaren intrauterinen Flüssigkeitsansammlung in Gruppen ohne sichtbares Lumen, mit einem Lumen ≤ 2 mm und mit einem Lumen > 2 mm eingeteilt, wobei kein Unterschied ($p > 0.10$) in der Trächtigkeitsrate zwischen diesen Gruppen bestand (Tab. 5).

Tab. 5. Prozentualer Anteil gravider Kühe in Abhängigkeit von der sonographisch bestimmten maximalen intrauterinen Flüssigkeitsansammlung zum Zeitpunkt der Besamung.

Uterine Flüssigkeit	n	Anteil [%]
keine	103	62.1
≤2 mm	81	65.4
>2 mm	17	52.9

3.4. Erstbesamungserfolg in Abhängigkeit von der Follikelgrösse

In der Gruppe M unterschied sich der Erstbesamungserfolg nicht ($p > 0.10$) zwischen den Tieren mit geschätzten Follikeldurchmessern von 12.5 mm, 15.0 mm, 17.5 mm, 20.0 mm und 22.5 mm (Tab. 6). Die Trächtigkeitsrate bei den Tieren mit Follikeldurchmessern von 12.5 mm und 22.5 mm war im Vergleich zur gesamten Gruppe jedoch numerisch deutlich reduziert.

In der Gruppe S zeigten Kühe mit einem Follikeldiameter von $12.0 \leq d < 15.0$ mm und $15.0 \leq d < 17.5$ mm einen höheren ($p \leq 0.05$) Erstbesamungserfolg als Kühe mit einem Follikel $17.5 \leq d < 20.0$ mm, während sich der Erstbesamungserfolg bei Kühen mit einem Follikel $20.0 \leq d \leq 22.5$ mm nicht von dem der Kühe mit kleineren Follikeln unterschied ($p > 0.10$). Bei Ausschluss derjenigen Kühe, die neben einem Follikel $20.0 \leq d \leq 22.5$ mm zusätzlich einen zweiten Follikel (12.0–20.0 mm) aufwiesen, war der Erstbesamungserfolg in dieser Gruppe ebenfalls signifikant gegenüber den kleineren Follikeln reduziert (Tab. 6).

Tab. 6. Prozentualer Anteil gravider Kühe der Gruppen M und S in Abhängigkeit vom mittleren Durchmesser des grössten vorhandenen Follikels (F). In der Gruppe S wurden unter $20.0 \leq F \leq 22.5$ mm nur Tiere berücksichtigt, die keinen weiteren Follikel mit einem Durchmesser von $12.0 \leq F < 20.0$ mm aufwiesen.

Follikeldurchmesser [mm]	n	Anteil [%]
Gruppe M		
12.5	9	44.4 ^a
15.0	72	61.1 ^a
17.5	59	52.5 ^a
20.0	85	54.1 ^a
22.5	10	40.0 ^a
Gruppe S		
$12.0 \leq F < 15.0$	41	68.3 ^a
$15.0 \leq F < 17.5$	96	67.7 ^a
$17.5 \leq F < 20.0$	48	47.9 ^b
$20.0 \leq F \leq 22.5$	8	50.0 ^b

^{a,b} Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich ($p \leq 0.05$) innerhalb der jeweiligen Gruppe.

4. Lerneffekte beim Untersucher im Verlauf der Studie

4.1. Besamungstauglichkeit

Innerhalb der jeweiligen Gruppen M und S konnten im Verlauf des Untersuchungszeitraums keine Unterschiede ($p > 0.10$) im prozentualen Anteil der als besamungstauglich eingestuft Tiere festgestellt werden. Im Vergleich der Gruppen M und S war die Feststellung „besamungstauglich“ in der Gruppe M in der ersten Hälfte häufiger ($p = 0.01$) und in der zweiten tendenziell häufiger ($p = 0.10$) als in Gruppe S (Tab. 7).

Innerhalb der Gruppe S wurden in der ersten Hälfte der Studie weniger ($p = 0.05$) Tiere aufgrund einer Follikel-Theka-Zyste von der Besamung ausgeschlossen als in der zweiten Hälfte. Ansonsten unterschieden sich die prozentualen Anteile der jewei-

ligen Befunde, aufgrund derer Tiere der Gruppen M und S von der Besamung ausgeschlossen wurden, nicht ($p > 0.10$) zwischen den zwei Abschnitten der Studie (Tab. 8).

Tab. 7. Prozentualer Anteil besamungstauglicher Kühe an den zur Erstbesamung vorgestellten Tieren in der ersten und zweiten Hälfte der Studie nach vorhergehender manueller (Gruppe M) bzw. manueller und sonographischer (Gruppe S) transrektaler Untersuchung des Uterus und der Ovarien.

Anteil besamungstauglicher Kühe	Gruppe M		Gruppe S	
	%	n	%	n
1. Hälfte	76.7 ^a	115/150	63.1 ^b	94/149
2. Hälfte	79.5 ^A	120/151	71.3 ^B	107/150

^{a,b,A,B} Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich (^{a,b} $p \leq 0.05$;

^{A,B} $0.05 < p \leq 0.10$) innerhalb einer Zeile.

Tab. 8. Prozentualer Anteil der verschiedenen Befunde, die bei nicht besamungstauglichen Kühen der Gruppen M (n=66) und S (n=98) in der jeweiligen Hälfte der Studie zu einem Ausschluss von der Besamung führten.

	kein Follikel ¹ kein CL ²	Follikel und CL	kein Follikel aber CL	Follikel-Thekazyse	Endometritis
Gruppe M					
1. Hälfte (n=35)	57.1 ^a	2.9 ^a	5.7 ^a	25.7 ^a	8.6 ^a
2. Hälfte (n=31)	48.4 ^a	6.5 ^a	16.1 ^a	19.4 ^a	9.7 ^a
Gruppe S					
1. Hälfte (n=55)	20.0 ^a	32.7 ^a	14.5 ^a	25.4 ^a	7.3 ^a
2. Hälfte (n=43)	18.6 ^a	25.6 ^a	7.0 ^a	44.2 ^b	4.7 ^a

¹ d 12.0–22.5 mm; ² Corpus luteum, d >10 mm

^{a,b} Innerhalb der jeweiligen Gruppe unterscheiden sich Werte mit verschiedenen Buchstaben ($p \leq 0.05$) zwischen der 1. und 2. Hälfte der Studie.

4.2. Erstbesamungserfolg

Es konnte weder zwischen den zwei Hälften innerhalb der Gruppen M und S, noch zwischen den beiden Gruppen in der jeweiligen Untersuchungshälfte ein Unterschied ($p > 0.10$) im Erstbesamungserfolg festgestellt werden (Tab. 9).

Tab. 9. Prozentualer Anteil der graviden an den besamten Kühen in der ersten und zweiten Hälfte der Studie nach vorhergehender manueller (Gruppe M) bzw. manueller und sonographischer (Gruppe S) transrektaler Untersuchung des Uterus und der Ovarien.

Erstbesamungserfolg	Gruppe M		Gruppe S	
	%	n	%	n
1. Hälfte	53.0	61/115	60.6	57/94
2. Hälfte	56.7	68/120	64.5	69/107

VIII. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden bei ausschliesslich manueller Palpation 10.9% mehr Kühe als besamungstauglich eingestuft als nach einer zusätzlichen sonographischen Untersuchung. Der Anteil palpatorisch als besamungstauglich eingestufte Tiere, die in dieser Studie zur Erstbesamung vorgestellt wurden, entsprach mit 78.1% in etwa der Besamungstauglichkeit (Erst- oder Nachbesamung) von 80.9%, welche mittels Adspektion des äusseren Genitale und transrektaler Palpation von Uterus und Ovarien festgestellt wurde (Lambertz *et al.* 2014). Sowohl in der vorliegenden Studie als auch in der Studie von Lambertz *et al.* (2014) lag der Anteil palpatorisch als besamungstauglich eingestufte Tiere damit deutlich niedriger als bei Kühen, die zur Zweitbesamung vorgestellt wurden und eine Besamungstauglichkeit von 96.2% aufwiesen (Lopez-Gatius & Camon-Urgel 1991).

Der Hauptgrund für den höheren Anteil an Tieren, die nach sonographischer Untersuchung als nicht besamungstauglich eingestuft wurden, war der Nachweis eines CL >10 mm, das zusätzlich zu einem Follikel (d 12.0–22.5 mm) vorhanden war. Die betroffenen Tiere befanden sich dabei teilweise im Diöstrus (Blütegelbkörper und gleichzeitig vorhandener dominanter Follikel) und teilweise im Proöstrus (CL in beginnender Rückbildung mit präovulatorischem Follikel). Auch in einer anderen Studie (Sturman *et al.* 2000) wurde bereits beschrieben, dass 19% der zur Besamung vorgestellten Tiere einen Progesteronspiegel aufwiesen, der auf ein funktionelles CL hinweist. Dass der Befund eines CL >10 mm in der Gruppe M deutlich seltener erhoben wurde, könnte daran liegen, dass das Vorhandensein eines Follikels in besamungstauglicher Grösse die Diagnose eines zusätzlichen CL besonders dann erschwert, wenn beide Funktionsgebilde auf demselben Ovar liegen. Die palpatorische Erkennung eines CL in Abwesenheit eines Follikels war hingegen unproblematisch, sodass sich der prozentuale Anteil dieses Befundes zwischen den Gruppen M und S nicht unterschied.

In der Gruppe M war hingegen der fehlende Nachweis sowohl eines Follikels in besamungstauglicher Grösse als auch eines CL mit 53% der häufigste Befund, welcher zum Ausschluss von der Besamung führte. Dass sich diese Tiere alle entweder im frühen Metöstrus befanden oder azyklisch waren, erscheint sehr unwahrscheinlich, da dieser Befund bei einer sonographischen Voruntersuchung nur in 19% der besa-

mungsuntauglichen Fälle, d.h. bei 6.4% der Kühe in Gruppe S, erhoben wurde. Auch in der Literatur wird die Inzidenz von Azyklen mit lediglich 7% (Lopez-Gatius 2003) und die einer bereits erfolgten Ovulation bei der Vorstellung zur Besamung mit 3.5% (Lopez-Gatius 2011) angegeben. Es wird daher vermutet, dass manche Follikel von besamungstauglicher Grösse allein mittels transrektaler Untersuchung nicht sicher nachweisbar sind, während sie bei einer zusätzlich durchgeführten sonographischen Untersuchung kaum übersehen werden. Dies belegen auch frühere Studien, in denen Follikel >10 mm palpatorisch in 72% der Fälle richtig erkannt wurden, während sonographisch die Erkennungsrate bei 76 – 89% lag (Pieterse *et al.* 1990, Ribadu *et al.* 1994).

Die Diagnosen einer Follikel-Theka-Zyste und einer (histologisch bestätigten) Endometritis wurden in den Gruppen M und S etwa gleich häufig gestellt. Die sonographische Untersuchung scheint daher gegenüber der manuellen Palpation hier keine Vorteile zu bringen. Die Prävalenz von Follikel-Theka-Zysten zum Zeitpunkt der Voruntersuchung lag dabei mit 5% (Gruppe M) und 11% (Gruppe S) in der Größenordnung der bei Milchkühen erhobenen Prävalenz von 7.3% am Tag 45–70 *p.p.* (Lopez-Gatius 2003). In der genannten Studie lag die Prävalenz von Endometritiden bei 0.4%, wobei eine Endometritis als purulenter Vaginalausfluss ohne palpierbare Abnormalitäten am Uterus definiert war. Palpierbarer uteriner Inhalt stellte hingegen die Definition für eine Pyometra dar und zeigte eine Prävalenz von 1.2%. Dieser Wert ist vergleichbar mit unserer Studie, in der vaginale Flüssigkeit nicht berücksichtigt wurde und die Prävalenz einer Endometritis, definiert durch palpierbaren uterinen Inhalt (Gruppe M) bzw. sonographisch darstellbare echogene Partikel im Uteruslumen (Gruppe S), in beiden Gruppen bei 2% lag. Erfolgt die Abklärung einer klinischen Endometritis hingegen mittels Vaginoskopie, so liegt die Prävalenz 29–60 Tage *p.p.* bei 14.4% (Gautam *et al.* 2009). Dass die Prävalenz von Endometritiden in unserer Studie mit 2% deutlich niedriger war könnte einerseits daran liegen, dass aufgrund der Betriebsstrukturen (4–120 Milchkühe, vielfach Anbindehaltung) Tiere mit purulentem Vaginalausfluss vom Besitzer bereits vorselektiert und gar nicht erst zur Besamung in dieser Studie vorgestellt wurden. Andererseits könnte es durchaus sein, dass in unserer Studie aufgrund der palpatorischen und sonographischen Untersuchungsmethode ohne Vaginoskopie nicht alle vorhandenen Endometritiden diagnostiziert wurden.

Bei den als besamungstauglich eingestuften Tieren war das Endometrium mit durchschnittlich 8.5 mm signifikant dicker als bei den nicht besamungstauglichen Tieren mit 7.7 mm. In einer früheren Studie (Souza *et al.* 2011) wurden für Kühe mit sub-lutealen Serum-P₄-Konzentrationen (<0.5 ng/ml) ebenfalls höhere Werte bei der Endometriumsdicke gemessen als bei Kühen mit P₄-Konzentrationen ≥0.5 ng/ml (10 vs. 8.5 mm). Die insgesamt niedrigeren Werte für die Endometriumsdicke im Vergleich zur Studie von Souza *et al.* (2011) resultieren wahrscheinlich daraus, dass in unserer Studie die minimal messbare Endometriumsdicke ermittelt wurde, während in der Vergleichsstudie neben der definierten Lokalisation der Messstelle am Uterus keine weitere Vorgabe für den genauen Bereich des Endometriums bestand und daher die Messung der durchschnittlichen Endometriumsdicke erfolgte. Nicht besamungstaugliche Tiere, welche keinen Follikel und kein CL hatten, besaßen in der vorliegenden Studie ein dünneres Endometrium (7.7 mm) als die besamungstauglichen Kühe. Da eine Dickenzunahme des Endometriums meist auf einer Ödematisierung aufgrund hoher Östrogenspiegel beruht (Johnson *et al.* 1997, Souza *et al.* 2011), scheint das Fehlen eines Follikels und damit auch der follikulären Östrogenproduktion für das dünnere Endometrium bei Tieren ohne ovarielle Funktionsgebilde verantwortlich zu sein. Das noch dünnere Endometrium (6.8 mm) von Tieren, die ebenfalls keinen Follikel, jedoch ein CL aufwiesen, lässt sich neben der fehlenden Östrogensynthese mit hohen P₄-Konzentrationen erklären, welche negativ mit der Endometriumsdicke korrelieren (Souza *et al.* 2011). Bei gleichzeitigem Vorliegen eines Follikels und eines CL unterschied sich die durchschnittliche Endometriumsdicke mit 7.8 mm nicht von derjenigen ohne Funktionsgebilde. Der positive Effekt von Östrogen und der negative Effekt von Progesteron auf die Endometriumsdicke scheinen sich also gegenseitig aufzuheben. Die Endometriumsdicke von Tieren mit einer Follikel-Theka-Zyste war signifikant geringer (7.8 mm) als die besamungstauglicher Kühe. Da bei Kühen mit einer Follikel-Theka-Zyste hohe Östrogenspiegel vorliegen, die nicht nur die Konzentration an Östrogen, sondern auch an P₄-Rezeptoren im Endometrium erhöhen (Versanen 1993), wird vermutet, dass die Ansprechbarkeit des Endometriums auf Progesteron einer Ödematisierung teilweise entgegenwirkt. Bei Tieren mit einer Endometritis war das Endometrium vergleichbar dick (8.7 mm) wie das besamungstauglicher Tiere, was vermutlich auf eine entzündliche Ödematisierung zurückgeführt werden kann. Die Diagnose einer Endometritis aufgrund der Endometriumsdicke scheint allerdings aufgrund der hohen Variabilität (8.7 ± 1.8 mm; CV: 21%) nicht

möglich zu sein. Im Vergleich zur Endometritisdiagnostik mittels Zytologie (Cytobrush) waren Sensitivität und Spezifität der auf sonographischen Messungen der Endometriumsdicke beruhenden Diagnosen nur bei 3.9% und 89.2% (Barlund *et al.* 2008).

Der Erstbesamungserfolg war in der Gruppe S tendenziell höher als in der Gruppe M (62.7% vs. 54.9%). Anhand einer zusätzlichen sonographischen Voruntersuchung scheint sich daher die Besamungstauglichkeit tendenziell besser einschätzen zu lassen, was zu einem höheren Besamungserfolg bei diesen Tieren führt.

Bezogen auf die Gesamtheit der zur Besamung vorgestellten Tiere wurde in den Gruppen M (42.9%) und S (42.1%) ein vergleichbarer prozentualer Anteil an Tieren gravid. Aufgrund der alternierenden Einteilung der Versuchstiere in die Gruppen M und S war zu erwarten, dass der Anteil tatsächlich besamungstauglicher Tiere in beiden Gruppen gleich gross war. Die vergleichbare Trächtigkeitsrate lässt zudem vermuten, dass die fälschliche Einteilung von Tieren als nicht besamungstauglich in dieser Studie von untergeordneter Bedeutung war.

Der prozentuale Anteil nicht gravider Kühe an der Gesamtheit der zur Besamung vorgestellten Tiere war jedoch in der Gruppe M (35.2%) signifikant höher als in der Gruppe S (25.1%). Betrachtet man dieses Ergebnis zusammen mit der reduzierten Besamungstauglichkeit in der Gruppe S, so lässt sich folgern, dass eine sonographische Voruntersuchung den Anteil erfolglos besamter Tiere um mehr als 10% senkt, indem diese Tiere bereits vor der Besamung als nicht besamungstauglich erkannt werden.

Bei der Untersuchung möglicher Einflussfaktoren auf den Erstbesamungserfolg fiel auf, dass in der Gruppe S mit 73.1 vs. 56.3% tendenziell mehr Tiere mit einer Endometriumsdicke im unteren Quartil (≤ 8 mm) gravid wurden als solche mit einer Endometriumsdicke im oberen Quartil (> 9 mm). In einer anderen Studie (Souza *et al.* 2011), bei der die Endometriumsdicke 48 h nach der PGF_{2 α} -Gabe während eines OvSynch-Programms (GnRH – 7 d – PGF_{2 α} – 56 h – GnRH – 16 h – Besamung) gemessen wurde, konnte bei Kühen mit einer Endometriumsdicke > 8 mm eine signifikant höhere Trächtigkeitsrate beobachtet werden, als bei Kühen mit einer Endometriumsdicke ≤ 8 mm (42.7 vs. 26.7%). Die Autoren dieser Studie vermuteten als Ursache für die reduzierte Fertilität bei dünnem Endometrium unter anderem eine unvoll-

ständige Luteolyse. Da Tiere mit einem CL >10 mm in der vorliegenden Studie bereits von vornherein von einer Besamung ausgeschlossen wurden, lässt sich die geringe Endometriumsdicke in dieser Studie nicht über erhöhte Progesteronspiegel erklären. Sofern sich eine unvollständige Luteolyse als Ursache für eine geringe Endometriumsdicke ausschliessen lässt, scheint daher eine geringere Endometriumsdicke vorteilhaft für den Besamungserfolg zu sein.

Im Unterschied zur Endometriumsdicke schien der Diameter des uterinen Lumens keinen Einfluss auf die Trächtigkeitsrate zu haben, solange es sich um anechogenen intrauterinen Inhalt handelte. In einer früheren Studie (Lenz *et al.* 2007) wiesen jedoch Kühe mit einem Durchmesser des Uteruslumens >2.0 mm am Tag 21–27 *p.p.* signifikant niedrigere Besamungserfolge auf als Kühe mit einem Uteruslumen <2.0 mm. Da die Messung des Uteruslumens hier zu einem früheren Zeitpunkt *p.p.* erfolgte, ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Endometritis grösser als in unserer Studie, in der anechogener uteriner Inhalt auf eine Brunst zurückzuführen war. In der Studie von Lenz *et al.* (2007) wurde echogener uteriner Inhalt ebenfalls mit einer reduzierten Fruchtbarkeit assoziiert. Da Tiere mit echogenem uterinem Inhalt in unserer Studie als nicht besamungstauglich eingestuft wurden, lassen sich hier allerdings keine Rückschlüsse auf die Fruchtbarkeit ziehen.

Die Auswertung des Erstbesamungserfolges in Abhängigkeit von der Follikelgrösse ergab in der Gruppe M keine Unterschiede. Die Trächtigkeitsrate bei den Tieren mit geschätzten Follikeldurchmessern von 12.5 mm und 22.5 mm war im Vergleich zur gesamten Gruppe numerisch zwar deutlich reduziert, jedoch konnte aufgrund der geringen Anzahl an Tieren mit diesen Befunden kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. In der Gruppe S hingegen konnte für Tiere mit Follikeln <17.5 mm ein höherer Erstbesamungserfolg nachgewiesen werden als für solche mit einem Follikeldurchmesser von ≥17.5 mm. Seit vielen Jahren wird der Diameter, mit dem ein Follikel unter physiologischen Verhältnissen beim Rind ovuliert, mit ca. 13–17 mm angegeben (Ginther *et al.* 1989, Savio *et al.* 1990, Bleach *et al.* 2004). In einer weiteren Studie an Färsen (Perry *et al.* 2007) wurde die maximale Trächtigkeitsrate bei einer Follikelgrösse von 12.8 mm erreicht, während Tiere bei einer Follikelgrösse <10.7 oder >15.7 mm signifikant seltener gravid wurden. Da die Untergrenze für einen besamungstauglichen Follikel in unserer Studie bei einem Diameter von 12 mm angesetzt war, sind zu kleine Follikel als Ursache für eine reduzierte Trächtigkeit un-

wahrscheinlich. Die reduzierte Trächtigkeitsrate bei Follikeln ≥ 17.5 mm stimmt hingegen in etwa mit einer früheren Studie überein, in der Follikel > 18.2 mm um 10% niedrigere Trächtigkeitsraten aufwiesen als Follikel < 18.2 mm (Vasconcelos *et al.* 1999).

Um einen möglichen Lerneffekt des Untersuchers bei der Durchführung der Studie zu berücksichtigen, wurden die erste und zweite Hälfte der Untersuchungen separat ausgewertet. Dabei waren innerhalb der jeweiligen Gruppen M und S beim Anteil besamungstauglich eingestuft Tiere keine Unterschiede zwischen erster und zweiter Hälfte feststellbar. Dagegen wurden in Gruppe M im Vergleich zur Gruppe S in der ersten Hälfte signifikant mehr und in der zweiten Hälfte tendenziell mehr Tiere als besamungstauglich eingestuft. Dieses Ergebnis entspricht dem Gesamtergebnis und die Gründe hierfür wurden bereits erörtert. Beim Erstbesamungserfolg war bei der Auswertung der zwei Hälften der Studie weder ein Unterschied innerhalb der Gruppen M und S noch ein Unterschied zwischen den Gruppen in der jeweiligen Hälfte feststellbar. Der tendenziell höhere Erstbesamungserfolg in Gruppe S, welcher bei der Gesamtzahl der Tiere ermittelt werden konnte, war bei der Unterteilung der Studie in zwei Hälften aufgrund der geringeren Tierzahl nicht mehr vorhanden.

Vergleicht man die Häufigkeit der jeweiligen Befunde, welche zum Ausschluss von der Besamung führten, so konnte lediglich ein höherer prozentualer Anteil an sonographisch diagnostizierten Follikel-Theka-Zysten in der zweiten Hälfte der Studie festgestellt werden, während sich die anderen Befunde nicht signifikant zwischen der ersten und zweiten Hälfte der Studie unterschieden. Dass in der ersten Hälfte der Studie weniger Tiere aufgrund einer Follikel-Theka-Zyste von der Besamung ausgeschlossen wurden, könnte daran liegen, dass der Follikeldurchmesser zu Beginn eher zu klein eingeschätzt wurde und damit Follikel-Theka-Zysten teilweise noch als besamungstaugliche Follikel (≤ 22.5 mm) bewertet wurden. In der zweiten Hälfte der Studie wurde dann mit zunehmender Übung wahrscheinlich ein höherer Anteil an Follikeln > 22.5 mm auch wirklich als Follikel-Theka-Zysten diagnostiziert. Ein Indiz hierfür könnte auch die Steigerung der Trächtigkeitsrate innerhalb der Gruppe S von 60.6% in der ersten Hälfte auf 64.5% in der zweiten Hälfte der Studie sein, wobei dieser Anstieg jedoch keine statistische Signifikanz aufweist. In der Gruppe M waren für keinen der ermittelten Befunde signifikante Unterschiede zwischen der ersten und zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums feststellbar, jedoch erschweren die ge-

ringen Gruppengrößen bei der Einteilung der Tiere aufgrund der einzelnen Befunde eine statistische Bestätigung moderater Unterschiede.

Zusammenfassend konnte der Erstbesamungserfolg in der vorliegenden Studie durch eine transrektale manuelle und sonographische Voruntersuchung im Vergleich zur ausschliesslich manuellen Untersuchung um 7.8% gesteigert werden. Der optimale Follikeldurchmesser für eine erfolgreiche Besamung lag dabei zwischen 12.0 und 17.5 mm, anechogener Inhalt der Gebärmutter hatte keine negativen Einflüsse auf die Trächtigkeitsrate und eine Endometriumsdicke von mehr als 9 mm verringerte den Erfolg einer Besamung. Der Hauptgrund für die erhöhte Trächtigkeitsrate nach einer vorausgegangenen sonographischen Untersuchung war der häufigere Ausschluss pro- oder diöstrischer Kühe mit dominanten Follikeln von der Besamung. Da Tiere, die ausschliesslich aufgrund einer manuellen Voruntersuchung als besamungstauglich eingestuft wurden, signifikant seltener gravid wurden als sonographisch untersuchte Tiere (unter Einbeziehung aller zur Besamung vorgestellten Tiere), scheint der Mehrwert der sonographischen Untersuchung darin zu liegen, dass bereits zu einem frühen Zeitpunkt Tiere von der Besamung ausgeschlossen werden können, welche anderenfalls nach der Besamung nicht gravid werden. Die Durchführung einer sonographischen Voruntersuchung trägt also dazu bei, den Anteil nicht erfolgsversprechender Besamungen zu reduzieren.

IX. Literaturverzeichnis

- Archbald LF, Tran T, Massey R & Klapstein E** 1992 Conception rates in dairy cows after timed-insemination and simultaneous treatment with gonadotrophin releasing hormone and/or prostaglandin F2 alpha. *Theriogenology* **37** 723-731.
- Aslan S, Handler J, Wesenauer G & Arbeiter K** 2002 [Suitability of sonographic evaluation of ovarian dynamics and uterine involution for prediction of postpartum fertility in the cow]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* **109** 52-55.
- Barlund CS, Carruthers TD, Waldner CL & Palmer CW** 2008 A comparison of diagnostic techniques for postpartum endometritis in dairy cattle. *Theriogenology* **69** 714-723.
- Battocchio M, Gabai G, Mollo A, Veronesi MC, Soldano F, Bono G & Cairoli F** 1999 Agreement between ultrasonographic classification of the CL and plasma progesterone concentration in dairy cows. *Theriogenology* **51** 1059-1069.
- Becker F** 2012 Physiologische Grundlagen der Fruchtbarkeit - können unsere Milchkühe noch problemlos tragend werden? *Milchrindtag Sachsen-Anhalt, Bernburg*.
- Becker F, Kanitz W & Heuwieser W** 2005 Vor- und Nachteile einzelner Methoden der Brunsterkennung beim Rind. *Züchtungskunde* **77** 140-150.
- Bekana M, Ekman T & Kindahl H** 1994 Ultrasonography of the bovine postpartum uterus with retained fetal membranes. *Zentralbl Veterinarmed A* **41** 653-662.
- Belling TH** 1986 The look and feel of normal bovine ovaries. *Veterinary Medicine* **81** 455-463.

- Bierschwal CJ, Garverick HA, Martin CE, Youngquist RS, Cantley TC & Brown MD** 1975 Clinical response of dairy cows with ovarian cysts to GnRH. *J Anim Sci* **41** 1660-1666.
- Bleach EC, Glencross RG & Knight PG** 2004 Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles. *Reproduction* **127** 621-629.
- Bonafos LD, Kot K & Ginther OJ** 1995 Physical characteristics of the uterus during the bovine estrous cycle and early pregnancy. *Theriogenology* **43** 713-721.
- Bonnett BN, Miller RB, Etherington WG, Martin SW & Johnson WH** 1991 Endometrial biopsy in Holstein-Friesian dairy cows. I. Technique, histological criteria and results. *Can J Vet Res* **55** 155-161.
- Boyd H & Munro CD** 1979 Progesterone assays and rectal palpation in pre-service management of a dairy herd. *Vet Rec* **104** 341-343.
- Butler WR & Smith RD** 1989 Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci* **72** 767-783.
- Carroll DJ, Pierson RA, Hauser ER, Grummer RR & Combs DK** 1990 Variability of ovarian structures and plasma progesterone profiles in dairy cows with ovarian cysts. *Theriogenology* **34** 349-370.
- Cutullic E, Delaby L, Causeur D, Michel G & Disenhaus C** 2009 Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. *Anim Reprod Sci* **113** 22-37.
- Dauzier L & Wintenberger S** 1952 [Studies on mammalian fertilization; the ascent of sperm in the genital tract of the ewe]. *C R Seances Soc Biol Fil* **146** 67-70.

- Dawson FL** 1975 Accuracy of rectal palpation in the diagnosis of ovarian function in the cow. *Vet Rec* **96** 218-220.
- De Kruif A** 2013 Reproductive performance in high producing dairy cows. *GST-Kongress, Bern*.
- Dijkhuizen TJ & van Eerdenburg FJ** 1997 Behavioural signs of oestrus during pregnancy in lactating dairy cows. *Vet Q* **19** 194-196.
- Diskin MG & Morris DG** 2008 Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Reprod Domest Anim* **43 Suppl 2** 260-267.
- Dobson H, Rankin JE & Ward WR** 1977 Bovine cystic ovarian disease: plasma hormone concentrations and treatment. *Vet Rec* **101** 459-461.
- Donaldson LE & Hansel W** 1968 Cystic corpora lutea and normal and cystic graafian follicles in the cow. *Aust Vet J* **44** 304-308.
- Edmondson AJ, Fissore RA, Pashen RL & Bondurant RH** 1986 The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract. 1. Normal and pathological ovarian structures. *Animal Reproduction Science* **12** 157-165.
- Edmondson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T & Webster G** 1989 A body condition scoring chart for Holstein Friesian dairy cows. *J Dairy Sci* **72** 68-78.
- Edwards JL, Saxton AM, Lawrence JL, Payton RR & Dunlap JR** 2005 Exposure to a physiologically relevant elevated temperature hastens in vitro maturation in bovine oocytes. *J Dairy Sci* **88** 4326-4333.
- Farin PW, Youngquist RS, Parfet JR & Garverick HA** 1992 Diagnosis of luteal and follicular ovarian cysts by palpation per rectum and linear-array ultrasonography in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* **200** 1085-1089.
- Fissore RA, Edmondson AJ, Pashen RL & Bondurant RH** 1986 The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract II. Non pregnant,

- pregnant and pathological conditions of the uterus. *Anim Reprod Sci* **12** 167-177.
- Garverick HA** 1997 Ovarian follicular cysts in dairy cows. *J Dairy Sci* **80** 995-1004.
- Gautam G, Nakao T, Yusuf M & Koike K** 2009 Prevalence of endometritis during the postpartum period and its impact on subsequent reproductive performance in two Japanese dairy herds. *Anim Reprod Sci* **116** 175-187.
- Ginther OJ, Knopf L & Kastelic JP** 1989 Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrus cycles with two and three follicular waves. *J Reprod Fertil* **87** 223-230.
- Glissant A, de Mouzon J & Frydman R** 1985 Ultrasound study of the endometrium during in vitro fertilization cycles. *Fertil Steril* **44** 786-790.
- Grado-Ahuir JA, Aad PY & Spicer LJ** 2011 New insights into the pathogenesis of cystic follicles in cattle: microarray analysis of gene expression in granulosa cells. *J Anim Sci* **89** 1769-1786.
- Grunert E** 1990 *Weiblicher Geschlechtsapparat und Euter. In: Dirksen, G., H.-D. Gründer & M. Stöber (Hrsg.): Gustav Rosenberger: Die klinische Untersuchung des Rindes: Verlag Paul Parey.*
- Grunert E** 1999 *Physiologie der Fortpflanzung. Sexualzyklus. In: Grunert, E. & A. De Kruif: Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind: Parey Buchverlag.*
- Hanzen C, Pieterse M, Scenczi O & Drost M** 2000 Relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation per rectum. *Vet J* **159** 161-170.
- Hatler TB, Hayes SH, Laranja da Fonseca LF & Silvia WJ** 2003 Relationship between endogenous progesterone and follicular dynamics in lactating dairy cows with ovarian follicular cysts. *Biology of Reproduction* **69** 218-223.

- Hockey CD, Morton JM, Norman ST & McGowan MR** 2010 Improved prediction of ovulation time may increase pregnancy rates to artificial insemination in lactating dairy cattle. *Reprod Domest Anim* **45** e239-248.
- Hunter RHF & Wilmut I** 1983 The rate of functional sperm transport into the oviducts of mated cows. *Anim Reprod Sci* **5** 167-173.
- Johnson ML, Redmer DA & Reynolds LP** 1997 Effects of ovarian steroids on uterine growth, morphology, and cell proliferation in ovariectomized, steroid-treated ewes. *Biol Reprod* **57** 588-596.
- Kähn W** 1992 Growth of the pre-ovulatory follicle, circadian distribution of ovulations and pregnancy rate after post-ovulatory inseminations in heifers. *Anim Reprod Sci* **27** 113-121.
- Kähn W & Leidl W** 1986 Diagnosis of ovarian function in the cow by sonography. *Tierärztliche Umschau* **41** 3-12.
- Kähn W & Leidl W** 1989 *Ultrasonic characteristics of pathological conditions of the bovine uterus and ovaries.*: Kluwer Academic Publisher.
- Kaneda Y, Domeki I & Nakahara T** 1980 Effects of removal of cystic fluid from cystic corpus luteum on luteinization and conception rate in dairy heifers. *Japanese Journal of Animal Reproduction* **26** 37-42.
- Kasimanickam R, Duffield TF, Foster RA, Gartley CJ, Leslie KE, Walton JS & Johnson WH** 2004 Endometrial cytology and ultrasonography for the detection of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology* **62** 9-23.
- Kastelic JP, Bergfelt DR & Ginther OJ** 1990a Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration in heifers. *Theriogenology* **33** 1269-1278.

- Kastelic JP, Pierson RA & Ginther OJ** 1990b Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. *Theriogenology* **34** 487-498.
- Kelton DF, Leslie KE, Etherington WG, Bonnett BN & Walton JS** 1991 Accuracy of rectal palpation and of a rapid milk progesterone enzyme-immunoassay for determining the presence of a functional corpus luteum in subestrous dairy cows. *Can Vet J* **32** 286-291.
- Kelton DF, White ME, Hodges RJ, Guard CL, Powers PM, Dinsmore RP, Stehman SM, Hillman RB & Yoder SS** 1988 The relationships among palpator experience, milk progesterone concentration and estrus and fertility in cows with palpable corpora lutea treated with cloprostenol. *Cornell Vet* **78** 105-112.
- Kerbrat S & Disenhaus C** 2004 A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* **87** 223-238.
- Kiddy CA** 1977 Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. *J Dairy Sci* **60** 235-243.
- Killeen ID & Moore NW** 1970 Transport of spermatozoa, and fertilization in the ewe following cervical and uterine insemination early and late in oestrus. *Aust J Biol Sci* **23** 1271-1277.
- Lambertz C, Volker D, Janowitz U & Gauly M** 2014 Evaluation of vaginal discharge with the Metrichheck device and the relationship to reproductive performance in postpartum dairy cows. *Anim Sci J* **85** 848-852.

- Lenz M, Drillich M & Heuwieser W** 2007 [Evaluation of the diagnosis of subclinical endometritis in dairy cattle using ultrasound]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* **120** 237-244.
- Leslie KE & Bosu WT** 1983 Plasma progesterone concentrations in dairy cows with cystic ovaries and clinical responses following treatment with fenprostalene. *Can Vet J* **24** 352-356.
- Loeffler SH, de Vries MJ, Schukken YH, de Zeeuw AC, Dijkhuizen AA, de Graaf FM & Brand A** 1999 Use of AI technician scores for body condition, uterine tone and uterine discharge in a model with disease and milk production parameters to predict pregnancy risk at first AI in Holstein dairy cows. *Theriogenology* **51** 1267-1284.
- Lopez-Gatius F** 2003 Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology* **60** 89-99.
- Lopez-Gatius F** 2011 Feeling the ovaries prior to insemination. Clinical implications for improving the fertility of the dairy cow. *Theriogenology* **76** 177-183.
- Lopez-Gatius F & Camon-Urgel J** 1991 Confirmation of estrus rates by palpation per rectum of genital organs in normal repeat dairy cows. *Zentralbl Veterinarmed A* **38** 553-556.
- Lopez-Gatius F & Lopez-Bejar M** 2002 Reproductive performance of dairy cows with ovarian cysts after different GnRH and cloprostenol treatments. *Theriogenology* **58** 1337-1348.
- Luttgenau J, Beindorff N, Ulbrich SE, Kastelic JP & Bollwein H** 2011a Low plasma progesterone concentrations are accompanied by reduced luteal blood flow and increased size of the dominant follicle in dairy cows. *Theriogenology* **76** 12-22.

Luttgenau J, Ulbrich SE, Beindorff N, Honnens A, Herzog K & Bollwein H 2011b

Plasma progesterone concentrations in the mid-luteal phase are dependent on luteal size, but independent of luteal blood flow and gene expression in lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci* **125** 20-29.

Maatje K, Loeffler SH & Engel B 1997 Predicting optimal time of insemination in

cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. *J Dairy Sci* **80** 1098-1105.

McEntee K 1958 Cystic corpora lutea in cattle. *International Journal of Fertility* **3** 20-128.

Mihm M, Crowe MA, Knight PG & Austin EJ 2002 Follicle wave growth in cattle.

Reprod Domest Anim **37** 191-200.

Morrow DA, Roberts SJ, McEntee K & Gray HG 1966 Postpartum ovarian activity

and uterine involution in dairy cattle. *Journal of American Veterinary Medical Association* **149** 1596-1609.

Mortimer RG, Olson JD, Huffman EM, Farin PW, Ball L & Abbitt B 1983 Serum

progesterone concentration in pyometritic and normal postpartum dairy cows. *Theriogenology* **19** 647-653.

Nebel RL, Dransfield MG, Jobst SM & Bame JH 2000 Automated electronic

systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Anim Reprod Sci* **60-61** 713-723.

Okano A & Tomizuka T 1987 Ultrasonic observation of postpartum uterine

involution in the cow. *Theriogenology* **27** 369-376.

Omran SN, Ayliffe TR & Boyd JS 1988 Preliminary observations of bovine ovarian

structures using B-mode real time ultrasound. *Vet Rec* **122** 465-466.

- Ott RS, Bretzlaff KN & Hixon JE** 1986 Comparison of palpable corpora lutea with serum progesterone concentrations in cows. *J Am Vet Med Assoc* **188** 1417-1419.
- Pathiraja N, Oyedipe EO, Voh AA, Jr. & Dawuda PM** 1986 Accuracy of rectal palpitation in the diagnosis of corpora lutea in zebu cows. *Br Vet J* **142** 467-471.
- Perry GA, Smith MF, Roberts AJ, MacNeil MD & Geary TW** 2007 Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. *J Anim Sci* **85** 684-689.
- Pierson RA & Ginther OJ** 1984 Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* **21** 495-504.
- Pierson RA & Ginther OJ** 1987a Reliability of diagnostic ultrasonography for identification and measurement of follicles and detecting the corpus luteum in heifers. *Theriogenology* **28** 929-936.
- Pierson RA & Ginther OJ** 1987b Ultrasonographic appearance of the bovine uterus during the estrous cycle. *J Am Vet Med Assoc* **190** 995-1001.
- Pierson RA & Ginther OJ** 1988 Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology* **29** 21-37.
- Pieterse MC** 1989 *Ultrasonic characteristics of physiological structures of the bovine ovaries*: Kluwer Academic Publisher.
- Pieterse MC, Taverne MA, Kruip TA & Willemse AH** 1990 Detection of corpora lutea and follicles in cows: a comparison of transvaginal ultrasonography and rectal palpation. *Vet Rec* **126** 552-554.

- Quirk SM, Hickey GJ & Fortune JE** 1986 Growth and regression of ovarian follicles during the follicular phase of the oestrous cycle in heifers undergoing spontaneous and PGF-2 alpha-induced luteolysis. *J Reprod Fertil* **77** 211-219.
- Ribadu AY, Ward WR & Dobson H** 1994 Comparative evaluation of ovarian structures in cattle by palpation per rectum, ultrasonography and plasma progesterone concentration. *Vet Rec* **135** 452-457.
- Rodriguez-Martinez H, McKenna D, Weston PG, Whitmore HL & Gustafsson BK** 1987 Uterine motility in the cow during the estrous cycle. I. Spontaneous activity. *Theriogenology* **27** 337-348.
- Roelofs J, Lopez-Gatius F, Hunter RH, van Eerdenburg FJ & Hanzen C** 2010 When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* **74** 327-344.
- Roelofs JB, Bouwman EG, Dieleman SJ, Van Eerdenburg FJ, Kaal-Lansbergen LM, Soede NM & Kemp B** 2004 Influence of repeated rectal ultrasound examinations on hormone profiles and behaviour around oestrus and ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **62** 1337-1352.
- Roelofs JB, Graat EA, Mullaart E, Soede NM, Voskamp-Harkema W & Kemp B** 2006 Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology* **66** 2173-2181.
- Roelofs JB, van Eerdenburg FJ, Soede NM & Kemp B** 2005 Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **63** 1366-1377.
- Royal M, Mann GE & Flint AP** 2000 Strategies for reversing the trend towards subfertility in dairy cattle. *Vet J* **160** 53-60.

- Ruckebusch Y & Bayard F** 1975 Motility of the oviduct and uterus of the cow during the oestrous cycle. *J Reprod Fertil* **43** 23-32.
- Savio JD, Boland MP, Hynes N & Roches JF** 1990 Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *J Reprod Fertil* **88** 569-579.
- Schild RL, Indefrei D, Eschweiler S, Van der Ven H, Fimmers R & Hansmann M** 1999 Three-dimensional endometrial volume calculation and pregnancy rate in an in-vitro fertilization programme. *Hum Reprod* **14** 1255-1258.
- Schofield SA, Phillips CJC & Owens AR** 1991 Variation in the milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrus period of dairy cows. *Anim Reprod Sci* **24** 231-248.
- Senger PL** 1994 The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J Dairy Sci* **77** 2745-2753.
- Sheldon IM, Lewis GS, LeBlanc S & Gilbert RO** 2006 Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology* **65** 1516-1530.
- Silvia WJ, Hatler TB, Nugent AM & Laranja da Fonseca LF** 2002 Ovarian follicular cysts in dairy cows: an abnormality in folliculogenesis. *Domest Anim Endocrinol* **23** 167-177.
- Sirois J & Fortune JE** 1988 Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod* **39** 308-317.
- Souza AH, Silva EP, Cunha AP, Gumen A, Ayres H, Brusveen DJ, Guenther JN & Wiltbank MC** 2011 Ultrasonographic evaluation of endometrial thickness near timed AI as a predictor of fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology* **75** 722-733.

- Sprecher DJ, Nebel RL & Whitman SS** 1989 The predictive value, sensitivity and specificity of palpation per rectum and transrectal ultrasonography for the determination of bovine luteal status. *Theriogenology* **31** 1165-1172.
- Studer E** 1975 Palpation of the genital tract for prediction of estrus in the cow. *Vet Med Small Anim Clin* **70** 1337-1341.
- Sturman H, Oltenacu EA & Foote RH** 2000 Importance of inseminating only cows in estrus. *Theriogenology* **53** 1657-1667.
- Thomas I & Dobson H** 1989 Oestrus during pregnancy in the cow. *Vet Rec* **124** 387-390.
- Tsousis G, Herzog K, Bitter J, Kruger L & Bollwein H** 2008 [Sonographic evaluation of the uterus in Holstein-Friesian cows without and with disturbances of the puerperium during the first 14 days postpartum]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* **121** 78-85.
- Van Eerdenburg FJ, Loeffler HS & van Vliet JH** 1996 Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Vet Q* **18** 52-54.
- Vandemark NL, Salisbury GW & Boley LE** 1952 Pregnancy interruption and breeding techniques in the artificial insemination of cows. *J Dairy Sci* **35** 219-223.
- Vasconcelos JLM, Silcox RW, Rosa GJM, Pursley JR & Wiltbank MC** 1999 Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrus cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* **52** 1067-1078.
- Versanen M** 1993 Bovine uterine, cervical and ovarian cytosol estrogen and progesterone receptor concentrations in cystic ovarian disease. *Acta Vet Scand* **34 (1)** 35-43.

Watson ED & Munro CD 1980 A re-assessment of the technique of rectal palpation of corpora lutea in cows. *Br Vet J* **136** 555-560.

Witschi U 2015 Fruchtbarkeit von gesextem Samen und SpermVital. *Fruchtbarkeit der Milchkuh - Neues und Wichtiges für die tierärztliche Praxis, Zürich.*

Zemjanis R 1970 *Diagnostic and Therapeutic Techniques in Animal Reproduction:* Ed. Williams and Wilkins.

X. Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich bei allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben!

Besonderer Dank gilt dabei meinem Doktorvater Prof. Dr. Heiner Bollwein, der mir dieses interessante Thema zur Verfügung gestellt hat.

Auch meinem wissenschaftlichen Betreuer Dr. Johannes Lüttgenau bin ich zu grossem Dank verpflichtet, da er mich jederzeit bei sämtlichen Fragen und Problemen hilfreich unterstützt hat.

Weiterhin gilt mein Dank dem Förderverein Biotechnologieforschung e.V. für die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung meiner Versuche.

Frau Prof. Dr. Nicole Borel und Herrn Prof. Dr. Rupert Bruckmaier möchte ich für die histologische Untersuchung der Endometriumsbiopsien bzw. die Ermöglichung der Progesteronbestimmung danken.

Da ohne entsprechende Gerätschaft meine Untersuchungen nicht möglich gewesen wären, gilt mein Dank auch Herrn Patrick Fischer und der Rinderunion Baden-Württemberg - dabei v.a. Frau Dr. Annerose Fischer - für die Bereitstellung des Ultraschallgerätes.

In Computerangelegenheiten kann man mich nicht gerade als „Nerd“ bezeichnen und deshalb möchte ich mich an dieser Stelle bei meiner Frau Yvonne bedanken, welche mich mit einem einfachen Mausklick immer wieder zum Staunen bringen konnte.

Gäbe es ein passendes Antonym für bedanken, dann müsste ich hier auch noch meine drei Jungs erwähnen, die keine Möglichkeit ausgelassen haben, mich bei der Anfertigung dieser Dissertation zu behindern.

Schlussendlich gilt mein Dank noch den Landwirtinnen und Landwirten, welche mir ihre Tiere für meine Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben, und meinen Kolleginnen und Kollegen in der Tierarztpraxis Dr. Bernd Oelmaier in Rot an der Rot, die die Mehrarbeit leisten mussten, wenn ich „für eine Besamung mal wieder etwas mehr Zeit benötigt habe“.

XII. Anhang

1. Untersuchungsformular

Datum: _____

Fortlfd. Nr.: _____

Gruppe: _____

Kuh Tier-Ident.: _____

Rasse: _____

BCS: _____

Laktationsnr.: _____

Kalbedatum: _____

Tage p. p.: _____

I Manuelle Palpation

Uterusbefund:

G

S

K

Inhalt: Menge

(1)

(2)

(3)

☐☐☐

Konsistenz

☐☐☐

Ovarbefund:



II Sonographische Untersuchung

Uterusbefund:

Lumen

nein ☐

ja ☐ d_{max}: _____ mm

echogene Partikel

nein ☐

ja ☐

Endometriumsdicke

links _____ mm

rechts _____ mm

} \bar{x} = _____ mm

Ovarbefund

li.: _____ Foll.: _____

re.: _____ Foll.: _____

_____ C. l.: _____

_____ C. l.: _____

III Besamungstauglichkeit

ja ☐

nein ☐

weil: _____

IV Endometriumsbiopsie

ja ☐

nein ☐

Ergebnis: _____

V Trächtigkeitsuntersuchung

Behandlung zwischen KB und TU: ☐ Nachbesamung

Datum: _____

Serum P₄: _____

☐ sonstiges: _____

TU:

☐ hinfällig, da _____

☐ durchgeführt am _____ (_____ d nach EB)

☐ tragend

☐ nicht tragend

2. Befunderhebung am bovinen Uterus mittels manueller transrektaler Palpation nach Grunert (1990)

Grösse des Uterus

- G I Gebärmutter unter der Hand zu versammeln, Hörner etwa fingerstark;
- G II Gebärmutter unter der Hand zu versammeln, Hörner zweifingerstark;
- G III Gebärmutter unter der Hand zu versammeln, Hörner etwa drei- bis vierfingerstark;
- G IV Gebärmutter mit der Hand abzugrenzen, d.h. die grosse Krümmung des männnerstarken bis etwa brotlaibgrossen Organs lässt sich abtasten;
- G V Gebärmutter fast mit der Hand abzugrenzen, d.h. die grosse Krümmung des Brotlaibgrösse überschreitenden Organs lässt sich nicht mehr vollständig abgrenzen;
- G VI Gebärmutter nicht mit der Hand abzugrenzen, d.h. derart vergrössert, dass die grosse Krümmung sich eindeutig ausserhalb der Reichweite der rektal untersuchenden Hand befindet

Symmetrie des Uterus

- S beide Hörner gleich gross (symmetrisch);
- AS Uterushörner unterschiedlich gross (asymmetrisch);
- +AS linkes Horn wenig grösser als das rechte;
- AS+++ rechtes Horn wesentlich grösser als das linke

Konsistenz und Kontraktilität des Uterus

- K I Gebärmutter schlaff, wenig kontraktil;
- K II mittelgradige Kontraktionsbereitschaft;
- K III starke Kontraktionsbereitschaft

Etwaiger uteriner Inhalt

- Menge: wenig, mässig, viel
- Konsistenz: schlaffe Fluktuation, pralle Fluktuation, derb